מרדכי זאַבלודאָווסקי.

פיזיקע

פאַר פאַך־שולעס, פאַך־קורסן, מיטלשולעס און אַליינלערנערס.

אַלגעמיינע אייגנשאַפטן פון קערפּערס.
באַוועגונג. קראַפט. אַרבעט.
עלעמענטאַרע מאַשינעס.

אין טעקסט 59 צייכענונגען און 270 ביישפּילן,
רעכנערישע אויפגאַבעס און אויפקלערנדיקע פראַגעס.



פאַרלאַג:
בוכהאַנדלונג
י. אינדיצקי, ביאַליסטאָק.
1929.

FIZIKE

Mordekhai Zabludovski



NATIONAL YIDDISH BOOK CENTER

AMHERST, MASSACHUSETTS

413 256-4900 | YIDDISH@BIKHER.ORG

WWW.YIDDISHBOOKCENTER.ORG

•

MAJOR FUNDING FOR THE

STEVEN SPIELBERG DIGITAL YIDDISH LIBRARY

WAS PROVIDED BY:

Lloyd E. Cotsen Trust

Arie & Ida Crown Memorial

The Seymour Grubman Family

David and Barbara B. Hirschorn Foundation

Max Palevsky

Robert Price

Righteous Persons Foundation

Lief D. Rosenblatt

Sarah and Ben Torchinsky

Harry and Jeanette Weinberg Foundation

AND MEMBERS AND FRIENDS OF THE

National Yiddish Book Center

•

The *goldene pave*, or golden peacock, is a traditional symbol of Yiddish creativity. The inspiration for our colophon comes from a design by the noted artist Yechiel Hadani of Jerusalem, Israel.

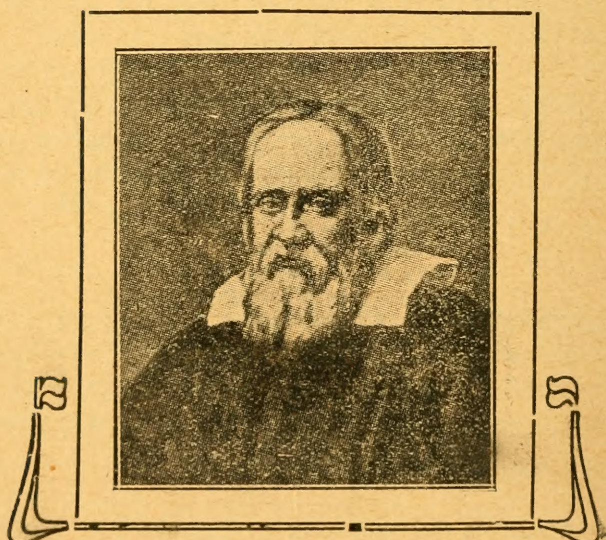
מרדכי זאַבלודאָווסקי.

פיזיקע

פאַר פאַך־שולעס, פאַך־קורסן, מיטלשולעס און אליינלערנערס.

אַלגעמיינע אייגנשאַפטן פון קערפּערס. באַוועגונג. קראַפט. אַרבעט. עלעמענטאַרע מאַשינעס.

אין טעקסט 59 צייכענונגען און 270 רעכנערישע ביישפּילן, רעכנערישע אויפגאַבעס און אויפקלערנדיקע פראַגעס.



פאַרלאַג:
בוכהאַנדלונג
י. אינדיצקי, ביאַליסטאָק.
1929

פון מחבר.

די אַרבעט אין משך פון צוועלף יאָר, וואָס דער מחבר האָט אַריינגעלעגט באַם לערנען מאַטעמאַטיקע און פיזיקע אין פאַרשיידענע מיטלשולעס, פאָלקשולעס און האַנטווערקערשולעס, באַרעכטיקן זיין האָפענונג, אַז מיט דער פאָרליגנדיקער אַרבעט איז אים געלונגען אין אַ געוויסער מאָס צו שטילן די שרייענדיקע באַדערפעניש אין אַזאַ בוך אויף יידיש.

די שטרעבונג, ווי מעגלעך צו פאַרברייטערן דעם קרייז פון די לערנערס פונם בוך, האָט געצווונגען דעם מחבר צו זוכן דעם קרומען וועג צווישן פאָפולערער און שולמעסיקער באַאַרבעטונג פון מאַטעריאַל. דערמיט דערקלערט זיך די אָפנייגונג ערטערווייז פון די שוין אויסגעטראָטענע וועגן באַם באַהאַנדלען דער אָדער אַנדערער פיזיקאַלישער טעמע.

די מאַטעמאַטישע זייט איז גענוג אַנטוויקלט, כּדי דער בוך זאָל קענען דינען פאַר אַן ערשטן קאָנצענטער אויף פאַר מיטלשולעס.

מיטן אונטערשטרייכן דער פראַקטישער זייט, סיי אין טעקסט, סיי אין די אויפגאַבעס, באַצוועקט דער מחבר צו דינען די „האַנטווערקער און פאַך־שולעס, וועלכע דער מחבר האָט הויפּטזעכלעך אין זינען געהאַט באַם זעצן זיך צו דער אַרבעט.

זאָל דעם בוך באַשערט זיין יענע פאַרשפּרייטונג, וועלכע וועקט באַ מחברים און פאַרלעגערס דעם ווילן צו שאַפן און אַרויסגעבן נאָך בעסערס און פולקומערעס אויף דעם געביט, וועלכער איז שרעקלעך אָרים אַנטוויקלט אויף דער יידישער גאַס. שוין צייט...

* * *

אַ דאַנק בין איך שולדיק מיין ברודער, אינזשעניער־טעכנאָלאָג מיכל זאַבלודאָווסקי, פאַר זיין פריינטלעכער מיטהילף באַ דער קאָרעקטור, ווי אויך דעם פאַרלעגער, ה' י. אינדיצקי, פאַר זיינע באַמיונגען אין דער אויסשטאַטונג פון בוך.

* * *

אָנווייזונגען און געווונטשענע אויסבעסערונגען פון חברים לערער און זאַכקענערס נעם איך אויף מיט אַ דאַנק פאָרויס.

מרדכי זאַבלודאָווסקי.

Białystok,
ul. Grochowa 2.

דעם היפּנעלטן פֿון ח. פּשעלאָווסקי
פֿונם מחבר.

I אַלגעמיינע אייגנשאַפטן פֿון קערפּערס.

§ 1. **נאַטור. פיזישער קערפּער. שטאָף.** מיט דער הילף פֿון אונדזערע פינף חושים באַנעמען מיר די גאַנצע וועלט אַרום אונדז, וועל־כער מיר רופן אָן מיטן נאָמען נ אַ ט ו ר (אויף גריכיש: פיזיס). די איינצלנע געגנשטאַנדן פֿון דער נאַטור, וועלכע מיר באַנעמען מיט איינעם אָדער עטלעכע פֿון אונדזערע חושים, הייסן פ י ז י ש ע ק ע ר פּ ע ר ס.

יעדער קערפּער איז צונויפגעשטעלט פֿון אַ וועלכן עס איז מאַטעריאַל, וועלכער טראָגט דעם אַלגעמיינעם נאָמען ש ט אָ ף. האָלץ, פאַרשיידענע מינים שטיינער, מעטאַלן, ליים, לעדער, וואַסער, נאַפט, שפּיריטוס, בענזין, גליצערין, לופט, גאַז — דאָס זיינען אַלץ פאַרשיידענע שטאָפן.

אַ פיזישן קערפּער, וועלכער זאָל נישט באַשטיין פֿון אַ וועלכן עס איז שטאָף, קענען מיר זיך גאָר ניט פאָרשטעלן. זאָגן מיר צ. ב. דעם וואָרט „צוקער", דאַן שטעלן מיר זיך באַלד פאָר אַ שטאָף, וועלכן מיר באַנעמען מיטן זע־חוש (צוקער איז ווייס), מיטן טאַפּ־חוש (צוקער איז האַרט) און געשמאַק־חוש (צוקער איז זיס). אַ שטערן באַנעמען מיר בלויז מיטן זע־חוש, אָבער מיר זיינען זיכער, אַז ער באַשטייט אויך פֿון עפּעס אַ שטאָף, אָדער אפשר אַ סך שטאָפן, און די פאַלנדיקע שטערנס באַשטע־טיקן טאַקע אונדזער מיינונג: זיי באַשטייען פֿון שטאָפן, וועלכע מיר גע־פינען אויך אויף אונדזער ערד. פילנדיק מיטן טאַפּ־חוש פֿון דער הויט ווי דער ווינט בלאָזט, דערוויסן מיר זיך, אַז לופט איז אַ שטאָף, ניט געקוקט אויף דעם, וואָס מיטן אויג באַנעמען מיר די לופט ניט.

אַזוי־אַרום רופן מיר אָן מיטן נאָמען פיזישער קערפּער נאָר אַזעלכע זאַכן, וועלכע ווירקן דירעקט, אָדער אומדירעקט (דורך אינסטרומענטן, אָדער אַנדערע קערפּערס) אויף אונדזערע חושים.

§ 2. **דערשיינונגען, פיזיקאַלישע און כעמישע.** קוקן מיר זיך נענטער צו די קערפּערס פֿון דער אַרומיקער נאַטור, דאַן זעען מיר

גלייך, אַז זיי בלייבן נישט אומגעענדערט אין איין וועלכן עס איז צושטאַנד, נאָר מיט זיי קומען פאָר אַלערליי ענדערונגען, וועלכע קייטלען זיך איינע מיט דער אַנדערער אָן אַן אויפהער. ווען אַ קערפּער באַוועגט זיך — ענ־דערט זיך זיין לאַגע, ווען ער ווערט צעבראָכן, צעקרושלט — ענדערט זיך זיין פאָרעם, זיין גרויס, ווען אַ קערפּער ברענט — ענדערט זיך זיין שטאָף און אַנד.

יעטוועדע ענדערונג, וואָס קומט פאָר מיט אַ קערפּער, רופן מיר אָן דערשיינונג.

אַזעלכע דערשיינונגען, ווי די פאַרברענונג פון האָלץ, למשל, בעת וועלכער דער שטאָף פון באַטייליקטן קערפּער ענדערט זיך, ד. ה. פון איין שטאָף באַקומט זיך אַן אַנדערער, אָדער עטלעכע אַנדערע שטאָפן (פון האָלץ באַקומט זיך רויך, סאַזע, אַש), אַזעלכע דערשיינונגען הייסן כעמישע דערשיינונגען, ווייל מיט זיי פאַרנעמט זיך די וויסנשאַפט כעמיע. צו די כעמישע דערשיינונגען געהערן נאָך: פוילונג, יוירונג, פאַרדייונג און אַ סך אַנדערע.

יענע ווידער דערשיינונגען, בעת וועלכע דער שטאָף פון באַטייליקטן קערפּער ענדערט זיך ניט, הייסן פיזיקאַלישע־דערשיינונגען. די באַ־וועגונג פון קערפּערס, למשל, איז אַ פיזיקאַלישע דערשיינונג, דאָסזעלבע די מאַגנעטיזירונג פון שטאָל, עלעקטריזירונג, אָנוואַרעמונג, אויסדאַמפונג פון פליסיקייטן און אַנד.

די פיזיקע פאַרנעמט זיך מיט די פיזיקאַלישע דערשיינונגען, וואָס קומען פאָר מיט די קערפּערס.

פראַגעס. קלער אויף וועלכע פון די פאָלגנדיקע ווערטער דריקן אויס, אַ קערפּער אַ שטאָף, אָדער אַ דערשיינונג און וואָס פאַר אַ דערשיי־נונג, פיזיקאַלישע צי כעמישע: אַ טיש; האָלץ; אַ שליסל; אייזן; אַ פלאַש; גלאָז; אַ דונער; אַ ווינט; וואַסער, אַ וואָלקן; אַ פייער; אייזן זשאַווערט; מילך ווערט איינגעקאָכט; איינגעמאַכטס יוירט; אַ שניי פאַלט; האָלץ שווימט, אַ גלאָז פּלאַצט, אַ בליץ.

§ 3. די דריי צושטאַנדן פון שטאָף. דעם שטאָף פון די קער־פּערס וואָס אַרום אונדז זעען מיר אין אַ האַרטן, פליסיקן אָדער גאַזיקן צושטאַנד. האָלץ, שטיין, אייזן, זאָגן מיר איז האַרט; וואַסער, אייל, נאַפט, שפּיריטוס רופן מיר אָן פליסיקייטן; לופט, רויך, קוילנצווייזייער (דער גאַז פון לימאָנאַד) הייסן גאַזן.

טראַכטן מיר זיך טיפער אַריין אין דעם, וואָס רופן מיר אָן האַרט, דאַן זעען מיר, אַז האַרט הייסן די קערפּערס דאַן, ווען זיי האָבן אַ וועלכע עס איז זעלבשטענדיקע פאָרעם, ווי זי זאָל ניט זיין, און אַ זעלבשטענ-דיקן פאַרנעם דערביי, וועלכער בלייבט אומגעענדערט אין דאָזיקן צושטאַנד. אָט דער בליישטיפט, צ. ב. האָט די פאָרעם פון אַ זעקסקאַנטיקן שטעקעלע, די שטיקל קרייט איז ענלעך צו אַ קייקעלע. און אַזוי האָט יעדער אַנדער האַרטער קערפּער זיין וועלכע עס איז פאָרעם און פאַרנעם.

אין פליסיקן צושטאַנד האָבן די קערפּערס אויך אַ געוויסן זעלבשטענדיקן פאַרנעם, אָבער קיין זעלבשטענדיקע פאָרעם האָבן זיי ניט. גיסן מיר אַריין די קוואָרט וואַסער אין אַ לעדיקן עמער, דאַן לעגט זי זיך אויס אויפן דעק פון עמער אין אַ דינער, פלאַכער, רונדער שיכט; גיסן מיר עס אַריין אין אַ פלאַש—נעמט עס אָן די פאָרעם פון דער פלאַש. און אַזוי נעמט אָן יעדע פליסיקייט די פאָרעם פון דער כּלי, אין וועלכער זי ווערט אַריינגעגאָסן. דער פאַרנעם אָבער פון דער פליסיקייט בלייבט דערביי ניט געענדערט: אין יעדער כּלי איז די קוואָרט וואַסער לויטן סך געבליבן אַ קוואָרט וואַסער.

אין גאַזיקן צושטאַנד האָבן די קערפּערס ניט קיין זעלבשטענדיקע פאָרעם און ניט איין וועלכן עס איז זעלבשטענדיקן פאַרנעם. אַ גאַז קען אויספילן יעדן רוים, אין וועלכן מע לאָזט אים נאָר אַריין.

אָט גייט אַרויס פון אויוון אַ קליין וואָלקנדל רויך. אין אַ ווײַלע אַרום צעגייט ער זיך, פאַרלירט הייסט עס זיין פאָרעם, און מיר שפּירן רויך אומעטום אין צימער; דער רויך האָט זיך אויסגעשפּרייט איבערן גאַנצן פאַרנעם פון צימער. און אַזוי קומט פאָר מיט יעדן גאַז, וועלכן מיר זאָלן אַרויסלאָזן פון זיין כּלי. דעריבער האַלט מען טאַקע גאַזן אין פאַרמאַכטע, פאַרפּראָפּטע כּלים, (פלעשער מיט שוימיקע געטראַנקען, לופּעס מיט גאַז צו שווייסן, אָדער פאַר סאָדע-וואַסער-פאַבריקן).

צום גאַזיקן צושטאַנד דאַרפן מיר אויך צורעכענען דעם צושטאַנד פון דאַמף פון אַ פליסיקייט (למשל, וואַסער), ווייל ער פאַרמאָגט אויך די-זעלביקע אייגנשאַפטן.

אַ סך קערפּערס גייען איבער פון איין צושטאַנד צו אַן אַנדערן בײַם אָנוואַרעמען זיי אָדער אָפּקילן. אייז שמעלצט צו וואַסער, וואַסער דאַמפט אויס, ווען עס וואַרעמט זיך אָן. דער שמעלצן מעטאַלן דורך אָנוואַרעמען האָט אַ קאָלאָסאַלע באַדייטונג אין דער מענטשלעכער קולטור, ווייל אין פליסיקן צושטאַנד קען מען דעם קערפּער לייכט געבן וועלכע פאָרעם מען

וויל, באַ וועלכער ער בלייבט שוין שפּעטער אין האַרטן צושטאַנד; מאַכן די פאָרעם גלייך פון האַרטן מעטאַל וואָלט געפאָדערט אומפאַרגלייכלעך מער אַרבעט.

אויסער די דריי אויסגערעכנטע צושטאַנדן: האַרטן, פליסיקן און גאַזיקן, טרעפן מיר נאָך אין דער נאַטור צווישן-צושטאַנדן: ווייכן צושטאַנד, ווי וואַקס, ליים, קיט; שטיקן צושטאַנד, ווי זאַמד, מעל. אין דער פיזיקע ווערן זיי פאַררעכנט פאַר האַרטע.

§ 4. אַלגעמיינע אייגנשאַפטן פון קערפּערס. רוימלעכקייט.

אַלע אָן אויסנאַם קערפּערס, אין וועלכן צושטאַנד זייער שטאָף זאָל ניט זיין, פאַרמאָגן אַ גאַנצע רייע אייגנשאַפטן, וועלכע הייסן אַלגעמיינע. לאָמיר זיי באַטראַכטן:

רוימלעכקייט — אַזוי הייסט די אייגנשאַפט, וואָס יעדער קערפּער פאַרנעמט זיין אָרט, אַ וועלכן עס איז טייל פון רוים.

לויט דערדאָזיקער אייגנשאַפט דערקענען מיר, צי מיר האָבן צו טאָן מיט אַ שטאָף אָדער ניט. למשל, אַ העלער אָפּגעשפּיגלטער פלעק אויפן וואַנט, אָדער אַ שאָטן, איז ניט קיין קערפּער, נאָר אַ דערשיינונג, ווייל ער פאַרמאָגט ניט די אייגנשאַפט פון רוימלעכקייט.

דעם אָרט, וואָס אַ קערפּער פאַרנעמט, מעסטן מיר מיט לענג-מאָסן, שטח-מאָסן און פאַרנעם-מאָסן.

מיט לענג-מאָסן מעסטן מיר דעם אָרט, וואָס אַ קערפּער פאַרנעמט אויף אַ גראָדער ליניע. די לענג-מאָסן, וועלכע ווערן צום מערסטן געברויכט אין דער פיזיקע, זיינען: קילאָמעטער (קמ.), מעטער (מ.), דעצימעטער (דמ.), צענטימעטער (צמ.), מילימעטער (ממ.), מיקראָן (מיקר.).

1000	מ. =	1	קמ.						
1,000,000	מיקר. =	1000	ממ. =	100	צמ. =	10	דמ. =	1	מ.
100,000	„ =	100	„ =	10	„ =	1	„		
10,000	„ =	10	„ =	1	„				
1000	„ =	1	„						

מיט שטח-מאָסן (קוואַדראַט מאָסן) מעסטן מיר דעם אָרט, וואָס אַ קערפּער פאַרנעמט אין צוויי ריכטונגען: לענג און ברייט, ד. ה. דעם אָרט וועלכן ער פאַרדעקט אויף אַ פליין. די שטח-מאָסן, וועלכע ווערן צום מערסטן געברויכט אין דער פיזיקע, זיינען: קוואַדראַט-קילאָמעטער (קוו. קמ.),

קוואַדראַט-מעטער (קוו. מ.), קוואַדראַט-דעצימעטער (קוו. דמ.), קוואַדראַט-צענטימעטער (קוו. צמ.), קוואַדראַט-מילימעטער (קוו. ממ.).

1,000,000 קוו. מ. = 1 קוו. קמ.

1,000,000 קוו. ממ. = 10,000 קוו. צמ. = 100 קוו. דמ. = 1 קוו. מ.

10,000 „ = 100 „ = 1 „

100 „ = 1 „

פאַר פעלדער געברויכט מען די מאָס אַר (אַר) און העקטאַר (הק. אר.)

10,000 קוו. מ. = 100 אַר = 1 הקאר.; 100 קוו. מ. = 1 אַר.

מיט פאַרנעם-מאָסן (קובישע מאָסן) מעסט מען דעם אָרט, וואָס א קערפּער פאַרנעמט אין דריי ריכטונגען: דער לענג, דער ברייט און דער הויך (אָדער דיק, אָדער טיף), ד. ה. דעם אָרט וועלכן ער פאַרנעמט אין רוים. די פאַרנעם-מאָסן, וועלכע ווערן צום מערסטן געברויכט אין דער פיזיקע זיינען: קובישער קילאָמעטער (קוב. קמ.), קובישער מעטער (קוב מ.), קובישער דעצימעטער (קוב. דמ.), קובישער צענטימעטער (קוב. צמ.), קובישער מילימעטער (קוב. ממ.); דער קובישער דעצימעטער הייסט אַנדערש (באַם מעסטן פליסיקע קערפּערס) ליטער (לט.).

1,000,000,000 קוב. מ. = 1 קוב. קמ.

1,000,000,000 קוב. ממ. = 1,000,000 קוב. צמ. = 1000 קוב. דמ. = 1 קוב. מ.

1,000,000 „ = 1000 „ = 1 „

1000 „ = 1 „

1,000,000 קוב. ממ. = 1000 קוב. צמ. = 1 קוב. דמ. = 1 לט.

(1 עמער מאַכט אויס באַ 12 ליטער).

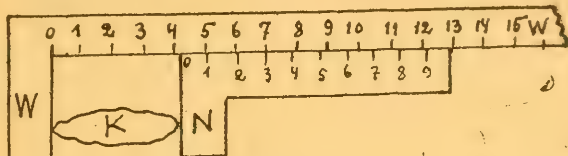
אַלע די אויסגערעכנטע לענג-מאָסן, שטח-מאָסן און פאַרנעם-מאָסן געהערן צו דעם מעטרישן סיסטעם פון מאָסן. די באַקוועמלעכקייט פון דעם סיסטעם באַם פאַרוואַנדלען קלענערע מאָסן אין גרעסערע, אָדער פאַרקערט, דורכן אַריבערטראָגן די קאָמעס אויף רעכטס, אָדער לינקס, ווייסן מיר שוין פון דער אַריטמעטיקע.

§ 5. *שיבלערע.* **מיקראָמעטער.** צום פינקטלעכן מעסטן קלענערע לענגען, אָדער בכלל דינע געגנשטאַנדן ווערט געברויכט אין דער טעכנישער פּראַקטיק די **שיבלערע** און זייער **מיקראָמעטער.**

די שיבלערע דינט צום מעסטן מיט אַ פינקטלעכקייט ביז 0,1 ממ. (ס'פאַראַן אויך שיבלערעס מיט אַ פינקטלעכקייט ביז 0,02 ממ.). די שיבלערע

באשטייט פון אַ ווירע W (צייכ. 1) און דעם נאָניוס, אַ קלענערער ווי־לע N, וועלכער שיבט זיך לענגאויס דער ווירע W. די ווירע איז איינגעטיילט אין צענטימעטערס און מילימעטערס, די טיילונגען פון נאָניוס באַטרעפן 0,9 ממ. ד. ה. אַ טיילונג פון נאָניוס איז קירצער פון אַ טיילונג פון דער ווירע אויף 0,1 ממ. (9 טיילונגען פון דער ווירע טיילט מען אויף 10 גלייכע חלקים און מען באַקומט די טיילונגען פון נאָניוס).

כדי אויסצו־מעסטן די לענג פון אַ קערפּער K, ווערט ער איינגעשטעלט צווישן די שפּיצן פון ווירע און נאָניוס און שטיונע צוגעדריקט



צייכ. 1.

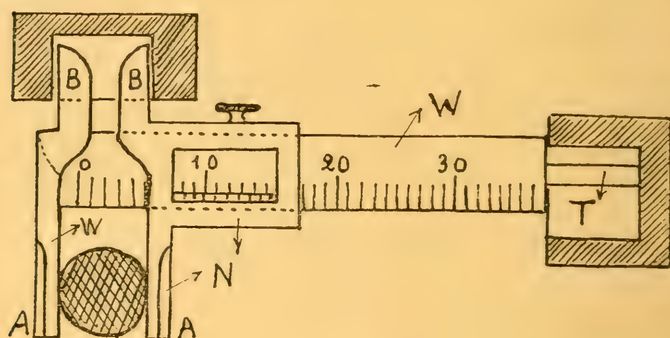
דורך זיי. די צאָל גאַנצע ממ., וואָס דער קערפּער פאַרנעמט זעען מיר אויף דער ווירע צווישן איר, און דעם 0 וואָס אויפן נאָניוס (אויף צייכ. 1, למשל 4 ממ.). די צענטלעך פון ממ., וועלכע פעלן נאָך, געפינען מיר אַזוי: מיר זוכן אויף יענעם שטריך פון נאָניוס, וועלכער גיסט זיך צונויף מיט אַ וועלכן עס איז שטריך איבער אים פון דער ווירע (אויף דער צייכ. 1, איז עס דער שטריך 3 פון נאָניוס); אָט דער דאָזיקער שטריך פון נאָניוס, וואָס גיסט זיך צונויף מיט אַן אויבערשטן שטריך פון דער ווירע, ווייזט אונדז די פעלנדיקע צענטלעך ממ. (אַזוי אַרום, איז די לענג פון K אויף דער צייכ. 1 ס"ה 4,3 ממ.).

פאַרוואָס אַזוי? ווייל אויב צ. ב. עס גיסט זיך צונויף דער שטריך 3 פון נאָניוס, דאַן שטייט אָפּ דער שטריך 2 פון נאָניוס פון זיין נאָענטסטן אויבערשטן שטריך פון ווירע אויף 0,1 ממ. (ווייל ער איז דאָך קירצער מיט 0,1 ממ.), דער שטריך 1 פון נאָניוס שטייט אָפּ פון זיין נאָענטסטן אויבערשטן שטריך, פון ווירע אויף 0,2 ממ., און דער שטריך 0 פון נאָניוס איז אָפּגערוקט פון נאָענטסטן אויבערשטן שטריך, וואָס האָט געוויזן די גאַנצע ממ., אויף 0,3 ממ. מיט איין וואָרט: דער שטריך פון נאָניוס, וואָס גיסט זיך צונויף מיט אַ שטריך פון ווירע, וועט ווייזן אויף וויפל צענטלעך ממ. דער 0 פון נאָניוס איז אָפּגערוקט פון דער ציפער גאַנצע ממ.ס, וואָס דער קערפּער פאַרנעמט.

ווען קיין איין שטריך פון נאָניוס גיסט זיך ניט צונויף פולקום מיט

אַ שטריך פון ווירע, רעכנט מען יענעם שטריך פון נאניוס, וועלכער איז צום וויינקסטן דערווייטערט פון אַן אויבערשטן שטריך אויף דער ווירע. דער פעלער, וואָס קומט אויס דערביי, איז קלענער פון 0,1 ממ. און ער איז שוין פאַר אונדז ניט וויכטיק, אויב מיר דאַרפן אַ פינקטלעכקייט נאָר ביז 0,1 ממ.

וואָלטן מיר דעם נאניוס געמאַכט אַזוי, אַז זיין טיילונג זאָל זיין קלענער מיט 0,01 ממ. פון אַ טיילונג פון דער ווירע (99 טיילונגען פון ווירע צעטיילט אויף 100 גלייכע חלקים פון נאניוס), דאַן וואָלט דער נאָניוס אויפן זעלבן שטייגער געוויזן אַ פינקטלעכקייט ביז 0,01 ממ.).



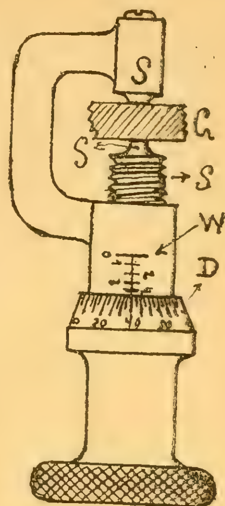
צייכ. 2.

צייכ. 2 ווייזט אונדז אַ שיבלערע וואָס ווערט געברויכט אין וואַרשטאַט: W די ווירע, N דער נאניוס. צווישן די שפיצן A—A ווערט געמאָסטן אַ לענג פון עפּעס, צווישן די שפיצן B—B, וועלכע שיבן זיך אַרויס צוזאַמען מיט A—A מעסט מען די ברייט פון אַ עפענונג, מיטן שפיץ T, וועלכער שיבט זיך אויך צוזאַמען מיטן נאניוס, מעסט מען די טיף פון אַן עפענונג — אַלץ מיטן זעלבן נאניוס און מיט זיין פינקטלעכקייט.

צייכ. 3 ווייזט אונדז אַ מיקראָמעטער, וועלכער דינט צום מעסטן די גרעב פון דינע געגנשטאַנדן (פּאַפּיר, בלעך א. אַ.) מיט אַ פינקטלעכ-קייט ביז 0,01 ממ.

באַ 1 פולער אומדרייונג פון שרויף S רוקט ער זיך פאָראויס אויף 0,5 ממ. דער דיסק D דרייט זיך צוזאַמען מיטן שרויף און איז איינגע-טיילט אויף 50 גלייכע טיילן, אַזוי, אַז ווען דער דיסק גיט זיך אַ דריי

אויף 1 טיילונג רוקט זיך דער שרויף אַרויס אויף 1 פּופּצ־קסטל פון 0,5 ממ. ד. ה. אויף 0,01 פון 1 ממ. דער געגנשטאַנד G ווערט איינגעקלעמט צווישן די שפּיצן S—S. די צאָל גאַנצע ממ., וואָס די גרעב פון געגנשטאַנד פאַרנעמט, זעען מיר אויף דער ווירעלע W אויף דער פּיסל, די צאָל הונ־דערטסלעך זעען מיר פון דעם, וועלכע טיילונג פון דיסק עס שטייט באַם שטריך פון דער ווירע. למשל, ווען דער ראַנד פון דיסק שטייט ביי דער טיילונג 4 פון דער ווירע, און נעבן דער ווירע קומט אויס די טיילונג 40 פון דיסק, הייסט עס, אַז די גרעב פון געגנשטאַנד באַטרעפט 4,40 ממ.



צייב. 3.

די שטחים, וועלכע מיר דאַרפן געפינען באַ קערפּערס, ווערן ענטוועדער אויסגערעכנט געאָמעט־ריש פון זייערע לענג־ און ברייט־מאָסן, אָדער מיט דער הילף פון ספּיציעלע אַפּאַראַטן (פּלאַנימעטערס).

דער פאַרנעם פון קערפּערס, וועלכע האָבן אַ באַשטימטע געאָמעטרישע פאָרעם, ווערט צום מערסטן אויך אויסגערעכנט פון זייערע ליניאַלע אויסמעסטונגען: לענג, ברייט און הויך. (דיק, טיף, גרעב).

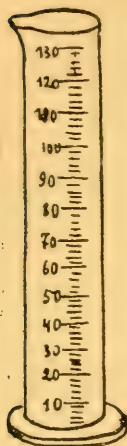
§ 6. **אומדורכדרינגלעכקייט.** די רוימלעכקייט פון די קערפּערס דערקענען מיר פון זייער **אומדורכדרינגלעכקייט** ד. ה. דער אייגנשאַפט, וואָס דער אָרט, וועלכער איז אויסגעפילט (פאַרנומען) דורך איין קערפּער, קען דורך אַ צווייטן ניט פאַרנומען ווערן, סיידן דער ערשטער ווערט אַרויסגעשטויסן.

די אומדורכדרינגלעכקייט פון קערפּערס איז אויך אַן אַלגעמיינע אייגנשאַפט.

ווען למשל, מיר שלאָגן אַריין אַ טשוואק אין האָלץ, מוז די האָלץ זיך פונאַנדערגיין, כדי צו שאַפן אַן אָרט פאַרן טשוואָק; ווארפן מיר אַריין אַ שטיינדל אין אַ גלאָז פול מיט וואַסער, מוז אַ ביסל פון די וואַסער אַרויסגעשטויסן און זיך אַרויסגיסן פון גלאָז; טונקען מיר אַריין אַ לעדיקע פלאַש אין וואַסער, דאַן ווערט די לופט וואָס אין איר אַרויסגעשטויסן אין דער פאָרעם פון בלעזלעך.

אַ דאַנק דער אומדורכדרינגלעכקייט קענען מיר אויסמעסטן דעם

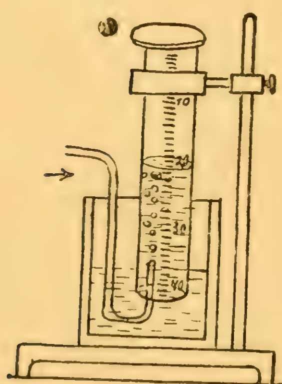
ארנעם פון קלענערע קערפּערס, ווען ער קען ניט פּשוטער אויסגערעכנט ווערן געאָמעטריש. דאָס ווערט געמאַכט מיט דער הילף פון אַ מעסט-גלאָז אָדער, ווי זי הייסט אויף לאַטיין **מענזורע** (צייכ. 4).



צייכ. 4.

דאָס איז אַ גלעזערנע צילינדרישע כּלי, אויף וועלכער ס ווייַנען אָנגעמערקט שטריכן מיט צאָלן, וועלכע ווייזן דעם פאַרנעם, רעכנענדיק פון דעק ביזן שטריך, צום מערסטן אין קוב צמ. מיר גיסן אַריין אין דער מענזורע וואַסער ביז אַ געוויסן שטריך און וואַרפן אַהין אַריין דעם געפאָרשטן קערפּער, אָדער לאָזן אים אַראָפּ אויף אַ דינעם פאָדעם, (כּדי דער פּאָ-דעם אַליין זאָל פאַרנעמען וואָס ווייניקער אָרט). די וואַסער איז אומדורכדרינגלעך און דריבער וועט זי אַרויסגעשטויסן ווערן און וועט אַרויפשטייגן ביז אַ העכערן שטריך, מיט אַ גרעסער ציפער פון פאַרנעם. די דיפערענץ פון נייעם פאַרנעם פון קערפּער מיט די וואַסער) און דעם פריערדיקן (פון די וואַסער אַליין), וועט ווייזן דעם פאַרנעם פון אַריינגעטונקטן קערפּער.

פילן מיר אָן די מענזורע מיט וואַסער און קערן מיר איר איבער פּו-ווערהייט מיטן מויל אַראָפּ אין אַן אַנדער כּלי מיט וואַסער (זי הייסט גאַז-וואַנע, אָדער פּנעומאַטישע וואַנע), דאַן קען זי דינען צום אָפּ-מעסטן דעם פאַרנעם פון אַ גאַז צייכ. ; בשעת מיר לאָזן אַריין דעם גאַז דורך דער אויסגעבויגענער רערל אין דער מענזורע צריין, שטויסט דער גאַז אַרויס אַזאַ פאַרנעם וואַסער, וויפל אָרט ער דאַרף פאַר זיך ; דער שטריך, ביי וועלכן די וואַסער בלייבט שטיין, ווייזט אונדז דעם פאַר-נעם פון אַריינגעלאָזענעם גאַז.



צייכ. 5.

דער פאַרנעם פון אַ געגעבענער מאַסע פליסיקייט קענען מיר געפינען, אַריינגיסנדיק איר פּשוט אין דער מענזורע ; דער שטריך, בּאַ וועלכן זי שטעלט זיך איין, ווייזט אונדז גלייך איר פאַרנעם.

פראַגעס. דערקלערן פאָלגנדיקע דערשיינונגען : 1) בלאָזט מען אַריין קופּט אין אַ פאַפּירענעם זעקל, ווערט ער גרעסער אין פאַרנעם ;

2) טונקט מען אַריין אַ לעדיקע גלאָז אין וואַסער מיטן מויל אויף אונטן, גייט די וואַסער אין גלאָז ניט אַריין; 3) ווען אַ לעיקע פּראָפּט צו־שטיוונע דעם מויל פון אַ פלעשל, קען מען דורך איר גאָרניט אַריינגיסן;
4) באַם אויסגיסן אַ געגנשטאַנד פון מעטאַל, מאַכט מען לופטקאַנאַלן אין דער פורעם. 5) וואָס איז פאַראַן אין אַ לעדיקער אָפענער פלאַש?

§ 7. טיילעוודיקייט. מאלעקולע. אַטאָם. אַלע אָן אויסנאַם קערפּערס קען מען צעברעקלען, צעקרושלען, צעמאָלן, צעשטויבן אין אומ־ענדלעך קליינע שטיקעלעך, וועלכע באַשטייען פון זעלביקן שטאָף, וואָס דער גאַנצער קערפער. צ. ב. באַם פיילן מעטאַלן באַקומט זיך אַ שטויב פון זיי. ווען אַ קערפער צעלאָזט זיך אין אַ וועלכער עס איז פליסיקייט ווערט ער דורכדעם אויך צעפאַלן אויף אומענדלעך קליינע טיילעכלעך. אַ פליסיקייט קען מען צענעמען דורכן אויסדאַמפן איר, אָדער ווען זי ווערט אויס, אָדער ווערט צעשטויבט, פּולווערייזירט.

די אייגנשאַפט, וואָס אַ קערפער צעפאַלט אויף זיינע אומענדלעך קליינע טיילעכלעך, הייסט טיילעוודיקייט און זי איז אויך אַן אַלגעמיינע אייגנשאַפט פון קערפערס.

ווי קליין אַ שטויבעלע, אַ זעמדעלע, זאָל ניט זיין, פאַרשטייען מיר, אַז מיר קענען אים נאָך מער צעברעקלען. אָבער מיר מוזן דאָך דערביי קומען צו אַן עק, ווייל באַם וויטערדיקן שפאַלטן דעם שטאָף (צ. ב. דורך אָנוואַרעמען) קען ער שוין צעפאַלן אין אַנדערע שטאָפן.

דעם קלענסטן טייכעלע פון אַ וועלכן עס איז שטאָף רופן מיר אָן מאלעקולע (אויף לאַטיין: קערפערל) פון דעם דאָזיקן שטאָף.

אַזויאַרום מוזן מיר זיך פאָרשטעלן, אַז יעדער קערפער פון אַ וועלכן עס איז שטאָף, באַשטייט פון אומענדלעך קליינע קערפערלעך, מאלעקולעס פון זעלביקן שטאָף. מיט די גרעסטע פאַרגרעסער-גלעזער איז ניט געלונגען זיי צו באַמערקן. מיר מוזן אָבער אַזוי אָננעמען, ווייל די קער־פערס לאָזן זיך דאָך טיילן און צעפאַלן אין דידאָזיקע מאלעקולעס. ווי, צ. ב. וואָלטן מיר זיך געקענט דערקלערן אַ ריח פון אַ שטאָף, ווען ניט דוו״ך דעם, וואָס די מאלעקולעס, וועלכע רייסן זיך אָפּ פון אים, דרינגען אַריין אין אונדזער נאָז, אַזוי אַז מיר דערפילן זיי מיטן שמעק־חוש?

אָבער ווי קליין אַ מאלעקולע זאָל ניט זיין, מוזן מיר אָננעמען, אַז זי קען זיך אויך שפּאַלטן, אָבער דערביי באַקומען זיך שוין נייע שטאָפן.

ווי קליין א שטויבעלע פון האָלץ זאָל ניט זיין, מוזן מיר אָננעמען, אז מען קען אים פאַרברענען און עס וועט זיך באַקומען אַש, רויך, קוילן.

די באַשטאַנדטיילן פון אַ מאָלעקולע הייסן **אַטאָמען**. אזוי, למשל, וועט אַ מאָלעקולע פון וואַסער באַם שטאַרקן אנוואַרעמען איבער 800 גראַד צעפאַלן אויף גאַזיקע שטאָפן: וואַסערשטאָף און זויערשטאָף. אַ מאָלעקולע וואַסער באַשטייט פון 2 אַטאמען, וואַסערשטאָף און 1 אַטאם זויערשטאָף. די דערשיינונגען מיט די אַטאמען באַהאַנדלט די וויסנשאַפט כעמיע.

אויפגאַבעס. I א שטיקל פון שפיץ פון א כעמישן בליישטיפט צע־לאָזט מען אין אַ ליטער וואַסער, וועלכע ער באַפאַרבט פיאָלעט. א טראָפּן פון דידאָזיקע וואַסער, צ. ב. פון 1 קוב. ממ. קוקט נאָך אויס גוט פאַר־פאַרבט. אויב מיר וועלן אָננעמען, אז אין אַזאַ טראָפּן געפינען זיך צום מינדעסטן 100 מאָלעקולעס פון דעם שטאָף (דורך אַ פאַרגרעסער־גלאָז זעט מען אזאַ טראָפּן גלייכמעסיק באַפאַרבט, ד. ה. אין אים שווימט אַרום אַ גרויסער סך מאָלעקולעס פונם פאַרבשטאָף), וויפיל מאָלעקולעס פאַרבשטאָף זיינען געווען אין דעם שטיקל פון שפיץ פון בליישטיפט?

§ 8. איינשרומפונג. אויסשפרייטונג. פאָריקייט. פון דערפאַ־רונג ווייסן מיר, אַז אַלע אָן אויסנאַם קערפּערס קען מען איינקוועטשן איינ־שרומפן, ד. ה. פאַרקלענערן זייער פאַרנעם און אויסשפרייטן, ד. ה. פאַרגרע־סערן זייער פאַרנעם. צום לייכסטן ווערט עס דערגרייכט דורכן אָנוואַרעמען און אָפּקילן: פון אָנוואַרעמונג ווערן אַלע קערפּערס אויסגעשפרייט, פון אָפּ־קילונג איינגעשרומפן. מיר קענען עס אויך מאַכן, איינקוועטשנדיק, אָדער אויסציענדיק דעם קערפּער מיט אַ קלענערער, אָדער גרעסערער קראַפט. די לופט אין אַ ראָווער־פּאָמפּע לאָזט זיך איינקוועטשן. אַ שטיקל גומע לאָזט זיך לייכט איינקוועטשן פון דער האַנט. שווערער איז איינצוקוועטשן אַ פליסיקייט, אָבער מיט דער הילף פון מאַשינעס לאָזט זיך עס אויך מאַכן. אזוי אַרום איז די איינשרומפונג און אויסשפרייטונג אויך אַן אַלגעמיינע אייגנ־שאַפט פון קערפּערס.

ווי זשע לאָזט זיך דערקלערן, וואָס דער שטאָף פון זעלביקן קערפּער קען פאַרנעמען אַמאָל אַ קלענערן רוים (באַם צוזאַמענקוועטשן אָדער אָפּקילן) און אַמאָל אַ גרעסערן (אויסציען, אָנוואַרעמען)? ווו קומט צהין דער שטאָף פון קערפּער, ווען מיר קוועטשן אים צונויף? און פון וואַנען קומט עס צו נאָך שטאָף, ווען ער שפרייט זיך אויס? עס קען דאָך ניט זיין, אז באַם

צונויפקוועטשן זאָל זיך אין שטיקל שטאָף איין מאלעקולע, אריינקוועטשן אין דער צווייטער: די מאלעקולעס זיינען דאָך אומדורכדרינגלעך.

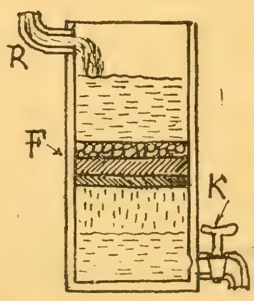
דאָס איינציקע, וואָס לייגט זיך אויפן שכל צום פאַרענטפערן דער דאָזיקער פראַגע איז, אַז צווישן די מאלעקולעס פון אַ קערפּער זיינען פאַראַן לעדיקע צווישנשיידן, בלויזן, ניט אָנגעפולט מיט קיין שטאָף. איז בשעת מיר קוועטשן איין דעם קערפער ווערן דידאָזיקע צווישנשיידן קלענער, בשעת מיר ציען אויס דעם קערפער ווערן זיי גרעסער.

— צי איז עס טאַקע אין דער אמתן אַזוי ווי מיר נעמען אָן? געוויס. אַן עפּל צ. ב. אריינגעלעגט אין וואַסער קוועלט אָן, ד. ה. אין אים גייט אַריין וואַסער (און פון אים גייט אַרויס דער זאַפט). ווי אַזוי וואָלט עס פּאַסירן געקומען, ווען אין דער הייטל פון עפּל זאָלן ניט זיין קיין צווישנשיידן, דורך וועלכע די וואַסער דרינגט אַריין אין אים.

די צווישנשיידן צווישן די מאלעקולעס הייסן אין דער וויסנשאַפט פּאָרעס, און די אייגנשאַפט, וואָס קערפּערס פאַרמאָגן פּאָרעס, הייסט פּאָריקייט. פּאָריקייט איז אויך אַן אַלגעמיינע אייגנשאַפט פון קערפּערס.

מיטן וואָרט פּאָרעס מיינט מען די אומענדלעך קליינינקע בלויזן צווישן די מאלעקולעס. אין אַלטעגלעכן לעבן רופן מיר אָן פּאָריק אַזעלכע קערפּערס, אין וועלכע מיר זעען אָפּטמאָל מיטן אויג גרויסע לעכלעך. דאָס זיינען ניט קיין פּאָרעס, דאָס זיינען שוין גרויסע לעכער, בלויזן צווישן די באַזונדערע טיילן, באַזונדערע שטיקער פון שטאָף, די לעכלעך, צ. ב. וואָס אין צוקער, אין קרייט, אין לעשפּאַפּיר, אין אַ בערגעלע זאַמד צווישן די איינצלנע זעמדעלעך, דאָס זיינען ניט קיין פּאָרעס, נאָר פּשוט בלויזן.

אַזעלכע קערפּערס מיט קליינע לעכעלעך, ווי מיר זאָגן: „פּאָריקע", געברויכן מיר צום פילטרירן (אָפּרייניקן פון שמוץ, אָדער אַנדערע טיילן) וואַסער און אַנדערע פליסיקייטן. די אַפּאַראַטן, וועלכע דינען דערצו הייסן פילטערס. צום פילטרירן באַנוצט מען לעשפּאַפּיר, קוילן, פילץ, געבּרענטע ליים א. אַ.



צייכ. 6.

צייכ. 6 ווייזט אונדז די סכעמע פון אַזאַ פילטער: דורכן רער R לאָזט מען אַריין פון אויבן די אומריינע וואַסער, אָדער אַנדער פליסיקייט, וועלכע גייט דורך דער שיכט F מיט די פּאָריקע קערפּערס, ווערט אין איר אויסגערייניקט און פאַלט

אַראָפּ טראָפּנווייז, שוין געריינִיקט, אין אונטערשטן טייל פון פילטער. דורכן קרצן K צאַפּט מען אָפּ די אָפּגעריינִיקטע פליסיקייט.

פראַגעס. 1) ווען מען עפנט אַ פלעשל לימאָנאַדע, באַווייזן זיך אין דער פליסיקייט בלעזעלעך גאַז. ווו זיינען זיי געווען פריער? 2) סטאָקער קלעי קוועלט אָן באַם אַריינלעגן עס אין וואַסער און ווערט שווערער. ווו אַהין גייט אַריין די וואַסער אין די קלעי? 3) ווי לאָזט זיך דערקלערן, וואָס אייזן, קופער, בליי און אַנדערע מעטאַלן, לאָזן זיך איינקוועטשן פון קלאַפּן מיטן האַמער?

§ 9. וואָג. האָריזאָנטאַל. ווערטיקאַל. אַלע אָן אויסנאַם קערפּערס האָבן וואָג, האָבן אַ שווערקייט, ד. ה. זיי ווערן צוגעצויגן צו דער ערד און פאַלן צו איר, ווען קיין שום סיבה שטערט זיי ניט דערביי.

די וואָג פון האַרטע און פליסיקע קערפּערס פילן מיר מיט אונדזער האַנט, בכלל מיט דער הויט, צוליב דעם דרוק, וואָס זיי מאַכן, ווען מיר ווילן זיי אָפּהאַלטן פון אַראָפּפאַלן. ווען מיר לייגן אַרויף אַ קערפּער אויף אַ וואָגשאָל ציט ער איר באַלד אַראָפּ צוליב זיין וואָג. אַ שטריק ווערט שטאַרק אָנגעצויגן, ווען אויף אים הענגט אַ שווערער קערפּער. דאָס אַלץ קומט פאַר אַ דאַנק דעם, וואָס די ערד ציט צו די קערפּערס.

אַז די לופט (ווי אַלע גאַזן) האָט אויך וואָג, קענען מיר דערווייזן זייער פשוט: אָפּוועגן אַ שינע פון אַ ראָוער בשעת זי איז שלאַף אָנגעבלאָזן, דערנאָך אָנבלאָזן איר שטאַרק מיט לופט און ווידער אָפּוועגן. די דיפערענץ וועט זיין אמת אַ קליינע, ווייל אַ ליטער לופט וועגט ס״ה באַ 1,3 גראַם. דער גאַז פון לימאָנאַדע (ער הייסט קוילנצווייזייער), וועלכער איז שווערער ווי לופט, פאַלט צו דער ערד גלייך ווי מיר לאָזן אים אַרויס פון זיין כלי. ווען מיר מאַכן אַ זייפנבלאָז מיט קוילנצווייזייער, דאַן וועט ער פאַלן צו דער ערד און נישט שטייגן אין דער הויך.

פאַר אַ מאָס פון וואָג נעמט מען אָן:

אַ גראַם (גר.) ד. ה. די וואָג פון 1 קוב. צמ. ריינע דעסטילירטע וואַסער באַ 4 גראַד צעלזיוס.

אַ גרעסערע מאָס איז דער **קילאָגראַם** (קג.) 1000 גר. = 1 קג.

קלענערע מאָסן: **דעציגראַם** (דצגר.) **צענטיגראַם** (צטגר.) און **מיליגראַם** (מלגר.).

100 צטגר. = 10 דצגר. = 1 גר. = 1000 מלגר.; 1000 קג. הייסט **טאָן** (ט.).

די ריכטונג אין וועלכער אַ קערפּער שטרעבט צו פאַלן פון זיך אַליין, אָן אַ שטויס, גייט דורכן צענטער פון דער ערד און הייסט ווערטיקאַלע

ריכטונג. אַ דינער פּאָדים, אויף וועלכן עס הענגט אַ שווערע געוויכט, שטעלט זיך רוענדיק איין וווערטיקאַל.

די ריכטונג, וועלכע גייט פּערפּענדיקולער צו דער ווערטיקאַלער, הייסט **האָריזאָנטאַלע** ריכטונג. האָריזאָנטאַל צ. ב. איז דער שפּיגל פון אַ רוענדיקער פליסיקייט אין אַ קליינעם אָרט (עמער, ברונעם).

פראַגעס: דאָס, וואָס אַ פעדער, אַ שטויבעלע אָדער אַ לייכטע זאַך בכלל, הייבט זיך אויף אין דער לופט, איז אַ סימן, אַז ער האָט ניט קיין וואָג? ווער זשע הייבט עס אויף?

§ 10. עלאַסטישקייט. מאָלעקולאַרע קרעפטן. ציען מיר פונאַנדער אַ גומענעם שנירל און לאָזן אים אָפּ, דאַן נעמט ער אָן צוריק די פריערדיקע לענג. בייגן מיר אויס אַ שטיקל האָלץ, דראָט, פישביין א. אַנד. און לאָזן אים אָפּ, גלייכט ער זיך ווידער אויס. קוועטשן מיר איין אַ גומענע פּילקע אין איין אָרט און לאָזן אָפּ, גלייכט זיך די פּילקע ווידער אויס. קוועטשן מיר איין אַ שטיקל גומע און לאָזן אָפּ, נעמט ער אָן דעם פריערדיקן פאַרנעם.

אָט די אייגנשאַפט פון קערפּערס, וואָס זיי קערן זיך אום צוריק צו זייער פאָרעם, אָדער פאַרנעם, ווען די סיבה, וועלכע ענדערט זיי, הערט אויף צו ווירקן, הייסט **עלאַסטישקייט.**

אַזעלכע שטאָפן, ווי שטאָל, גומע, פישביין א. אַ. רופן מיר עלאַסטיש. עלאַסטיש זיינען אַלע קערפּערס, נאָר אין אַ פאַרשיידענער מאָס. די עלאַסטישקייט איז אויך אַן אַלגעמיינע אייגנשאַפט פון קערפּערס.

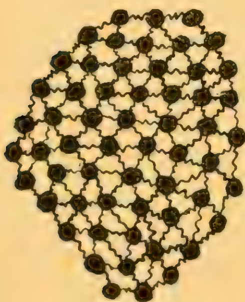
די עלאַסטישקייט פון די קערפּערס באַשטייט נאָר ביז אַ געוויסן גרעניץ פון דער ווירקנדיקער קראַפט. ווען די קראַפט שטייגט איבער דעם **גרעניץ פון עלאַסטישקייט,** קערט זיך שוין דער קערפּער ניט צוריק צו דער פריערדיקער פאָרעם, נאָר ער ווערט **דעפאָרמירט,** ד. ה. געענדערט אין זיין פאָרעם; צעבראָכן, צעבויגן, א. אַז. וו.

האַרטע קערפּערס זיינען עלאַסטיש סיי אין דער פאָרעם, סיי אין פאַרנעם. פליסיקייטן און גאַזן, וועלכע פאַרמאָגן ניט קיין זעלבשטענדיקע פאָרעם, זיינען עלאַסטיש נאָר אין פאַרנעם. אַזויאַרום קענען קערפּערס זיין אָדער נאָר **פאַרנעם־עלאַסטיש,** אָדער אויך **פאָרעם־עלאַסטיש** דערצו.

כדי זיך צו דערקלערן די סיבה פון דער עלאַסטישקייט, נעמען מיר אָן, אַז די מאָלעקולעס פון אַ קערפּער שטרעבן זיך צו האַלטן אויף אַ געוויסער ווייטקייט איינע פון דער אַנדערער (פאָרעס), ניט לאָזנדיק דידאָזיקע

וויטקייט סיי פאַרקלענערן (באַם צונויפדריקן) סיי פאַרגרעסערן (באַם אויס-שפרייטן). דידאָזיקע שטרעבונג ליגט אין די מאָלעקולעס, דאָס איז אַ **מאָלעקולאַרע קראַפט**, ווי מיר זאָגן, און איר ווירקונג זעען מיר נאָר דאַן, ווען די מאָלעקולעס זיינען אָפּגעטיילט איינע פון דער אַנדערער אויף דער ווייטקייט פון אַ מאָלעקולאַרער פּאַרע, ד. ה. אומענדלעך נאָענט. ווען די קראַפט, וואָס ווירקט אויפן קערפּער פון אויסנווייניק, שטאַרקט איבער דער מאָלעקולאַרער קראַפט, קען דער קערפּער געענדערט ווערן סיי אין זיין פאָרעם, סיי אין זיין פאַרנעם. ווען די אויסנווייניקסטע קראַפט איז ניט בכח איבערצושטאַרקן די מאָלעקולאַרע קרעפטן, וועט דער קערפּער ניט ענדערן ניט זיין פאָרעם, ניט דעם פאַרנעם. די עלאַסטישקייט פון קערפּער איז דאָס דער קאַמף צווישן די מאָלעקולאַרע קרעפטן מיט דער אויסנווייניקסטער קראַפט: כל זמן די אויסנווייניקסטע קראַפט איז ניט איבערגעטראָטן דעם גרעניץ פון עלאַסטישקייט, וועלן די מאָלעקולאַרע קרעפטן ברענגען דעם קערפּער צוריק צו זיין פאָרעם און פאַרנעם.

כדי צו שאַפן זיך אַן אָנשוילעכן בילד, וועגן מאָלעקולאַרע קרעפטן, דאַרפן מיר זיך פאָרשטעלן אַ האַרטן קערפּער אַזוי, ווי אויף דער צייכ. 7:



צייכ. 7.

די קייקעלעך זיינען די מאָלעקולעס, די פעדערלעך צווישן זיי — די מאָלעקולאַרע קרעפטן. וועלן מיר אַזאַ קערפּער צונויפקוועטשן (אָדער אויסציען) און דערנאָך אָפּלאָזן, דאַן וועלן אים די עלאַסטישע פעדערלעך ברענגען צום פריערדיקן פאַרנעם און פאָרעם, ווייבאַלד די אויסנווייניקסטע קראַפט וועט ניט איבערשטייגן דעם גרעניץ פון עלאַסטישקייט.

די צוציונג צווישן די מאָלעקולעס דערמאָנט אונדז אָן דער צוציונג פון דער ערד. אַזוי ווי אַלע קערפּערס אויף דער ערד שטרעבן צו פאַלן אויף איר צוריק, ווען מען הייבט זיי אויף איבער איר, אַזוי שטרעבן די מאָלעקולעס פון אַ קערפּער צו בלייבן אין אים און לאָזן זיך ניט אָפּרייסן פון אים. דידאָזיקע צוציונג זעען מיר אויך באַ די גרויסע קערפּערס אין הימל: די זון ציט צו דער ערד, וועלכער זי לאָזט ניט זיך אָפּרייסן פון איר, צוזאַמען מיט די איבעריקע פּלאַנעטן; די ערד ציט צו דער לבנה. אַזוי אַרום קענען מיר זאָגן, אַז די צ ו צ י ו נ ג איז די מאָלעקולעס אין יעדן איינצלנעם קערפּער, סיי פון די קערפּערס צווישן זיך, צי אין קלייגעם

מאַשטאַב, צי אין גרויסן וועלט-מאַשטאַב, ווי די צוציונג צווישן די הימלישע קערפּערס (זון און פּלאַנעטן) איז אַן אַלגעמיינע דערשיינונג אין דער וועלט. יעדער קערפּער ציט צו אַ צווייטן. די דאָזיקע אַלגעמיינע צוציונג פון קערפּערס אין דער נאַטור הייסט **שווערקייט** און די קראַפט מיט וועלכער זיי ציען זיך צו הייסט **שווערקראַפט**.

פראַגעס: דערקלערן פאָלגנדיקע דערשיינונגען: 1) צעשניידט מען אַ שטיקל בליי אויף צוויי און פּרעסט מען ביידע שטיקער שטאַרק צונויף מיט די אָנגעשניטענע פלעכעס, דאַן ווערט די בליי ווידער צו איין שטיק.

2) האָלץ-פּיילעכץ, שטאַרק צונויפגעפּרעסט, האַלט זיך ווי איין שטיק, גענוג פעסט. 3) ווי קענען מיר זיך דערקלערן די ווירקונג פון קלעי, לייטעכץ? 4) פאַרוואָס פּרעסט מען צונויף די געגנשטאַנדן, וועלכע מען קלעפּט צוזאַמען?

§ 11. באַזונדערע אייגנשאַפטן פון קערפּערס. ספּעציפישע וואָג. ספּעציפישער פאַרנעם.

אויסער די אַלגעמיינע אייגנשאַפטן פאַרמאָגן די קערפּערס נאָך באַזונדערע אייגנשאַפטן, וועלכע זיינען אָפּהענגיק סיי פון זייער שטאָף, סיי פון צושטאַנד זייערן איבערהויפּט. לאָמיר באַטראַכטן עטלעכע באַזונדערע אייגנשאַפטן:

פאַרשיידענע שטאָפן, גענומען אין דעמזעלביקן פאַרנעם, קענען האָבן אַ פאַרשיידענע וואָג. אָט ווייסן מיר צ. ב. אַז אַ הילצערנער שטעקל וועגט אַ סך ווייניקער ווי אַן אייזערנער פון דער זעלביקער פאָרעם און גרויס.

די וואָג פון 1 קוב. צמ. פון אַ שטאָף, אויסגעדריקט אין גראַמען, הייסט די ספּעציפישע וואָג פון דאָזיקן שטאָף.

פון דער באַשטימונג ווערט אונדז קלאָר, אַז די ספּעציפישע וואָג פון וואַסער איז 1 גר: קוב. צמ., ווייל די וואָג פון 1 קוב. צמ. (ריינע, דעסטילירטע, באַ 4° וואַרעמקייט) וואַסער האָבן מיר אָנגערופן גראַם. ווען מיר זאָגן, אַז די ספּעציפישע וואָג פון בליי איז 11,4 גר: קוב. צמ., הייסט עס, אַז 1 קוב. צמ. בליי וועגט 11,4 גראַם.

אין גראַמען אויף אַ קוב. צמ. ווערט די ספּעציפישע וואָג באַצייכנט פאַר האַרטע און פליסיקע שטאָפן. פאַר גאַזן, וועלכע זיינען צום מערסטן זייער לייכט אויפן וואָג, ווערט אָפּטמאָל גענומען דער פאַרנעם אין קוב. מעטערס און די וואָג אין קג.

ווייטער גיבן מיר אַ טאַבעלע פון דער ספּעציפישער וואָג פאַר עטלעכע שטאָפן.

טאַבעלע פון ספּעציפישער וואָג.

מאַטעריאַל	ספּ. וואָג	מאַטעריאַל	ספּ. וואָג	מאַטעריאַל	ספּ. וואָג
האַרטע שטאָפן:		מעש –	8,5	שוועבלזייער	1,80
אייזן –	7,88	מאַרמאָר – 2,5 –	2,8	מילך – 1,03 –	1,06
אייז –	0,92	ניקל – – 8,9 –	9,2	שפּיריטוס	0,79
אַלומיניום 2,56 –	2,66	ערד זאַמד (טרוקן)	1,35	עטער –	0,74
בלײַ – 10,35 –	10,38	פאַפּיר – 0,7 –	1,15	קוועקזילבער	13,60
בעטאָן – 1,8 –	2,5	פלאַטין –	21,5	זאַלצזייער	1,16
בראָנז – 7,4 –	8,9	צין – – 7,2 –	7,3	צילינדער-אייל	0,96
גומע (האַרט) 1,0 –	2,0	צינק – – 7,10 –	7,15		
גלאָז – 2,5 –	3,9	ציגל, מויער	1,5	**גאַזן** (קג: קוב. מ.)	
גראַניט – 2,5 –	3,0	קופּער – 8,8 –	8,95		
נוס-אייזן	7,25	שטיינקוילן 1,2 –	1,7	אַמאָניאַק	0,763
גאָלד –	19,3	שניי – –	0,125	העליום –	0,180
				וואַסער-שטאָף	0,090
האָלץ (לופט-טרוקן):		**פליסיקייטן:**		זויער-שטאָף	1,430
סאָסנע	0,53			לופט –	1,293
דעמב	0,70	בענזין –	0,71	לייכטגאַז	0,52
יעגלענע	0,56	בענזאָל –	0,90	קוילנזייער (co)	1,251
פּראָפּן	0,25	אַזאָטזייער	1,52	קוילנצווייזייער (co_2)	1,965
זילבער	10,5	גליצערין	1,26	שטיק-שטאָף	1,254

באַמערקונג: די צווייערליי צאָלן, וואָס זיינען אָנגעגעבן בײַ עטלעכע מאַטעריאַלן, באַקומען זיך דערפאַר, וואָס די ספּעציפישע וואָג ענדערט זיך אָפּטמאָל פון דער באַאַרבעטונג, פון צושטאַנד א. א. אַזוי, למשל, איז די ספּעציפישע וואָג בײַ געוואַלצטע און געשטאַנצטע קערפּערס פון מעטאַלן גרעסער ווי בײַ געגאָסענע.

אַזוי ווי די ספּעצ. וואָג פון וואַסער באַטרעפט 1 גר: קב. צמ, וועט די ספּעצ. וואָג פון אַ וועלכן עס איז מאַטעריאַל ווייזן גלייכצייטיק מיט וויפל מאָל דער דאָזיקער מאַטעריאַל איז שווערער פאַר וואַסער. צ. ב. די ספּעציפישע וואָג פון קופּער איז 8,8: הייסט עס: 1) אַז 1 קב. צמ. קופּער וועגט 8,8 גראַם און, 2) אַז קופּער איז מיט 8,8 מאָל שווערער ווי וואַסער אין זעלביקן פאַרנעם.

אויב מיר ווע̄לן נעמען דעם פאַרנעם פון די קערפּערס ניט אין קב, צמ, נאָר אין גרעסערע מאָסן, וועט די ספּעציפישע וואָג ווייזן אויך ניט גראַמען נאָר גרעסערע מאָסן. אַזוי, ווי 1000 גראַם מאַכט אויס 1 קג. און 1000 קב, צמ. מאַכט אויס איין קב. דמ, קענען מיר זאָגן, אַז די ספּעצי־פישע וואָג פון אַ שטאָף ווייזט אויך וויפל קג. עס וועגט 1 קב. דמ. (פאַר פליסיקייטן: 1 ליטער) פון דאָזיקן שטאָף.

ווייטער: 1000 קג. מאַכט אויס 1 טאָן און 1000 קב. דמ. מאַכט אויס 1 קב. מ., קענען מיר זאָגן, אַז די ספּעציפישע וואָג פון אַ שטאָף ווייזט אויך וויפל טאָן עס וועגט 1 קב. מ. פון דעם דאָזיקן שטאָף. זאָגן מיר, למשל, אַז די ספּעצ. וואָג פון גראַניט איז 2,5 גר: קב. צמ., הייסט עס, אַז 1 קב. צמ. גראַניט וועגט 2,5 גר., אָדער איין קב. דמ. וועגט 2,5 קג., אָדער 1 קב. מ. וועגט 2,5 טאָן.

די ספּעציפישע וואָג פאַרהעלפט אונדז אויסצורעכענען דעם פאַרנעם, אָדער די וואָג פון אַ קערפּער, ווען מיר ווייסן איינע פון די דאָזיקע גרויסן, לאָמיר מאַכן עטלעכע ביישפּילן:

אויפגאַבע 1: וויפל וועגט 8 ליטער בענזין? די 8 ליטער מאַכט אויס 8 קב. דמ.; די ספּעציפישע וואָג פון בענזין באַטרעפט 0,71, ד. ה. 1 קב. דמ. וועגט 0,71 און 8 ליטער וועט וועגן 8×0,71, ד. ה. 5,68 קג.

כדי אויסצורעכענען די וואָג פון אַ קערפּער, דאַרפן מיר זיין פאַרנעם פאַרמערן אויף דער ספּעצ. וואָג.

אויפגאַבע 2: וויפל קוב. צמ. פאַרנעמט אַ שטיק קופּער, וואָס וועגט 5,6 קג? די ספּעציפ. וואָג פון קופּער באַטרעפט 8,8 קג: קב. דמ. ד. ה. 1 קוב. דמ. קופּער וועגט 8,8 קג. און אונדזער קערפּער פאַרנעמט אַזוי פיל קוב. דמ. וויפל מאָל 8,8 געפינט זיך אין 5,6; מיר טיילן 5,6 אויף 8,8 און באַקומען 5,6 : 8,8 = 0,63 אַזוי אַרום:

כדי אויסצורעכענען דעם פאַרנעם פון אַ קערפּער, דאַרף מען זיין וואָג טיילן אויף דער ספּעציפישער וואָג.

אין די אַלע אויסרעכענונגען דאַרף מען אַכטונג געבן, אַז די וואָג און פאַרנעם זאָלן זיין ווי געהעריק אויסגעדריקט. ווען די וואָג איז אויס־געדריקט אין קג., וועט זיך דער פאַרנעם באַקומען אין קוב. דמ. און פאַרקערט; ווען די וואָג אין טאָנען, וועט זיין דער פאַרנעם אין קוב. מ. און פאַרקערט.

ווע̄לן מיר דעם פאַרנעם פון אַ קערפּער באַצייכענען דורך V, (קוב,

צמ.), זיין וואָג דורך P גר. און די ספּעציפ. וואָג דורך S, (גר: קוב. צמ.) וועט זיך די שייכות צווישן די דאָזיקע גרויסן אויסדריקן אַזוי:

1) $V = P : S$; 2) $P = V : S$; 3) $S = V : P$.

דאָס זיינען די אַלגעבריש אויסגעדריקטע כּללים, ווי אויסצורעכענען דעם פאַרנעם, די וואָג און די ספּעציפישע וואָג, ווען מיר ווייסן צוויי פון די דאָזיקע גרויסן.

אויפגאַבע 3: אַ שטיקל אַלומיניום וועגט 33,5 גר., דורכן אַריינטונקען אים אין אַ מענזורע מיט וואַסער געפינען מיר, אַז ער פאַרנעמט 12,5 קוב. צמ; אויסרעכענען זיין ספּ. וואָג; די ספּעצ. וואָג ווייזט וויפל גר. עס וועגט 1 קוב. צמ., טייקן מיר 33,5 גר. דורך 12,5 קב. צמ. און באַקומען $33{,}5 : 12{,}5 = 2{,}68$ גר: קוב. צמ.

כּדי אויסצורעכענען די ספּעצ. וואָג פון אַ קערפּער, דאַרף מען זיין וואָג (אין גר. קג, טאָנען) **טיילן דורך זיין פאַרנעם** (קוב. צמ, אָדער קוב דמ. אָדער קוב. מ).

די ספּעציפישע וואָג ווייזט אונדז די וואָג פון 1 קוב. מ. אין טאָנען. אויב מיר וועלן אַ מעטאַלענעם קוב, מיט דער לענג פון אַ זייט 1 מעטער צעשניידן און 1000 שיכטן צו 1 ממ. די גרעב (1000 ממ.=1 מ.), וועלן זיך באַקומען 1000 טאַוולען צו 1 ממ. די גרעב און איין קוו. מ. שטח. יעדער טאָוול וועט וועגן מיט 1000 מאָל ווייניקער ווי דער מעטאַלענער קוב און אויב מיר וועלן די טאָנען טיילן אויף 1000, וועלן מיר באַקומען קג. (1000 קג.=1 ט.) ד. ה. **די ספּעציפישע וואָג פון אַ מעטאַל ווייזט וויפל קג. עס וועגט אַ קוו. מ. טאָוול פון דעם מעטאַל באַ דער גרעב פון 1 ממ;** וועט די גרעב אויסמאַכן מער (אָדער ווייניקער) וועלן מיר די צאָל פאַרמערן (אָדער טיילן), ווי געהעריק.

ווען מיר דעם דאָזיקן טאָוול צעשניידן אין דראָטן צו 1 ממ. די ברייט, דאַן וועלן זיך באַקומען 1000 דראָטן פון 1 מ. די לענג און מיט אַ קווערשניט פון 1 קוו. ממ.; זיין וואָג וועט זיין מיט 1000 מאָל קלענער פון דער וואָג פון טאָוול, מיר וועלן דאַרפן די קג. פאַרקלענערן, אין 1000 מאָל און וועלן באַקומען גר; ד. ה. **די ספּעציפישע וואָג פון אַ מעטאַל ווייזט, וויפל גר. עס וועגט 1 מ. דראָט פון דעם מעטאַל מיט אַ קווערשניט פון 1 קוו. ממ.;** וועט דער קווערשניט אויסמאַכן מער (אָדער ווייניקער) וועלן מיר די צאָל פאַרמערן (אָדער טיילן) ווי געהעריק.

מיר קענען איצט מאַכן אַזאַ כלל: כדי אויסצורעכענען די וואָג אין קג. פון אַ טאָוול מיט אַן איינהייטלעכער גרעב פון אַ וועלכן עס איז מאַטעריאַל, דאַרף מען זיין שטח אין קוו. מ. פאַרמערן אויף זיין גרעב אין ממ. פאַרמערן אויף זיין ספּעצ. וואָג. כדי אויסצורעכענען די וואָג אין קג. פון אַ שטאַנג מיט אַן איינהייטלעכן קווערשניט פון אַ וועלכן עס איז מאַטעריאַל, דאַרף מען דעם שטח פון זיין קווערשניט אין קוו. צמ. פאַרמערן אויף זיין לענג אין מ. פאַרמערן אויף זיין ספּעציפישער וואָג און דעם פּראָדוקט טיילן דורך 10.

אויפגאַבע 4: וויפל וועגט אַ טאָוול קופּער-בלעך פון 14 קוו. מ. שטח און 2,5 ממ. די גרעב? פאַרמערן מיר, ווי דער כלל הייסט, דעם שטח 1,4 אויף דער דיק 2,5 אויף דער ספּ. וואָג פון קופּער 8,8 און באַקומען 30,8 קג. = 8,8 × 2,5 × 1,4.

אויפגאַבע 5: וויפל וועגט אַן אייזערנע שטאַבע מיטן שטח פון קווערשניט 24 קוו. צמ. און 4,3 מ. די לענג? פאַרמערן מיר, ווי דער כלל זאָגט, דעם שטח 24 אויף דער לענג 4,3 מ. אויף דער ספּעצ. וואָג פון אייזן 7,8 און טיילן דערנאָך דורך 10 : 78,096 קג. = 10 : (7,8 × 4,3 × 24).

ספּעציפישער פאַרנעם. אָפּטמאָל איז אונדז וויכטיק צו וויסן וויפל רוים פאַרנעמט 1 וואָג-מאָס (גר., קג., טאָן) פון אַ וועלכן עס איז מאַטעריאַל.

די צאָל, וועלכע ווייזט וויפל קוב. צמ. (אָדער קוב. דמ., אָדער קוב. מ.) עס פאַרנעמט 1 גר. (אָדער 1 קג. אָדער 1 טאָן) פון אַ וועלכן עס איז מאַטעריאַל הייסט דער ספּעציפישער פאַרנעם פון דאָזיקן מאַטעריאַל.

עס איז קלאָר, אַז דער ספּעציפישער פאַרנעם פון אַ מאַטעריאַל איז אַ פאַרקערטע צאָל צו זיין ספּעציפישער וואָג, אויב למשל, די ספּעציפישע וואָג פון אייזן באַטרעפט 7,8 גר: קוב. צמ. וועט 1 גר. אייזן האָבן אַ פאַרנעם פון 1 : 7,8 ד. ה. 0,128 קוב. צמ. הייסט עס:

כדי אויסצורעכענען דעם ספּעציפישן פאַרנעם פון אַ מאַטעריאַל, דאַרף מען די צאָל 1 טיילן דורך זיין ספּעציפישער וואָג און אויסדריקן אין די געהעריקע מאָסן.

אויפגאַבעס: 1) רעכן אויס וויפל וועגט די לופט פון קלאַס.
2) אין אַ רעגן איז אַרויסגעפאַלן וואַסער אויף 40 ממ. די הויך, וויפל וועגט די וואַסער, וואָס פאַלט דערביי אויף 1 העקטאַר. 3) אַ לופט-

באַלאַן איז אָנגעפילט מיט 32000 קוב. מ. וואַסער־שטאָף, וויפל וועגט דער גאַז? 4) צי וועסטו קענען אויפהייבן אַ מאַסע פון 0,2 קוב. מ. פּראָפּן־האָלץ? 5) רעכן אויס וויפל וועגט אַ געמויערטע וואַנט פון 4 מ. די הויך, 25 צמ. די גרעב און 6,8 מ. די לענג. 6) דערוויס זיך דעם פרייז פון 1 ליטער שפּיריטוס און רעכן אויס דעם פרייז פון 1 קג.

7) אַ קובישער מעטער אָנגעשאָטענע שטיינקוילן וועגט 800 קג. רעכן אויס וויפל פּראָצענט פון פאַרנעם איז אויסגעפילט מיט מאַטעריאַל.

8) אַ מעשענער לייכטער וועגט 0,6 קג. רעכן אויס וויפל וועט וועגן אַ לייכטער פון דער זעלבער פאָרעם און גרויס, נאָר אַ זילבערנער.

9) 25 קוב. צמ. פון מעטאַל נייזילבער וועגט 0,210 קג. אויסרעכענען די ספּעציפישע וואָג פון דאָזיקן מעטאַל. 10) רעכן אויס דעם פאַרנעם פון 250 קג. פּראָפּן־האָלץ. 11) רעכן אויס דעם ספּעציפישן פאַרנעם פון פּראָפּן־האָלץ. 12) אין 0,6 ליטער וואַסער ווערט צעלאָזן 20 גראַם זאַלץ; רעכן אויס וויפל פּראָצענט פון וואָג דאָס מאַכט אויס.

באַמערקונג: די איבעריקע אויפגאַבעס און פראַגעס זיינען אָנגעגעבן צום סוף פון דעם קאַפּיטל.

§ 12. אַנדערע באַזונדערע אייגנשאַפטן פון קערפּערס. אויסער דער ספּעציפישער וואָג אונטערשיידן זיך די קערפּערס נאָך מיט זייערע באַזונדערע אייגנשאַפטן. לאָמיר באַטראַכטן עטלעכע:

א) האַרטקייט ד. ה. דער ווידערשטאַנד, וואָס דער שטאָף פון אַ קערפּער שטעלט, ווען אַ צווייטער קריצט אין אים אַריין. האַרטקייט מיינט ניט פעסטקייט. למשל צ. ב. איז גענוג פעסט, אָבער ניט האַרט. כדי צו קענען פאַרגלייכן די האַרטקייט פון פאַרשיידענע שטאָפן, איז אָנגענומען אַ טאַבעלע פון האַרטקייט, אין וועלכער עס גייען אַריין 10 שטאָפן, אָנהייבנדיק פון אַ זייער ווייכן, טאַלק (אַזאַ מינעראַל), און ענדיקנדיק מיטן האַרטסטן, דימענט. ווי מיר זעען איז דימענט דער האַרטסטער קערפּער פון אַלע אונדז באַקאַנטע.

כדי צו באַשטימען די האַרטקייט פון אַ קערפּער, פּרובירט מען מאַכן אַ קריץ אויף זיין אויבערפלעכע נאָכאַנאַנד מיט די קערפּערס פון דער טאַבעלע. באַקומט דער אויסגעפּאָרשטער קערפּער אַ קריץ פון צווייטן, איז ער ווייכער פון דאָזיקן צווייטן, ווען אָבער דער צווייטער באַקומט דעם קריץ פון אויסגעפּאָרשטן, איז דער אויסגעפּאָרשטער האַרטער פון אים. ווען מיר זאָגן צ. ב. אַז די האַרטקייט פון אַ שטאָף איז צווישן 5 און 6

הייסט עס, אַז דער אויסגעפּאָרשטער קערפּער איז האַרטער פון אַפּאַטיט (מאַכט דעם קריץ אויף אַפּאַטיט) און ווייכער פון פעלד-שפּאַט (באַקומט אַליין דעם קריץ פון פעלד-שפּאַט).

ב) ברעכעדיקייט. אַזוי הייסט די אייגנשאַפט, וואָס קערפּערס לאָזן זיך לייכטער איינברעכן אין דעם אָרט, ווו זייער אויבערפלעכע ווערט פריער איינגעקריצט, ווי צ. ב. גלאָז, גוס-אייזן א. אַנד. ברעכעדיקע קערפּערס פּלאַצן צום לייכטסטן, לאָזן זיך ניט שטאַרק בייגן.

טאַבעלע פון האַרטקייט	
1. טאַלק *)	6. פעלד-שפּאַט
2. גיפּס שטיינזאַלץ	7. קוואַרץ (זאַמד)
3. קאַלך-שפּאַט	8. טאַפּאַז
4. שמעלץ-שפּאַט	9. קאָרונד
5. אַפּאַטיט *)	10. דימענט

ג) שמידעוודיקייט, ד. ה. די אייגנשאַפט, וואָס די קערפּערס לאָזן זיך שטאַכלעווען, שמידן, דינער מאַכן, ניט ווערנדיק איבערגעריסן, דורך אַ דרוק אָדער אונטער קלעפּ פון האַמער. זילבער, צין, גאָלד, בליי זיינען שמידעוודיק אין אַ גרויסער מאָס. שמידעוודיקע קערפּערס לאָזן זיך מער ווייניקער לייכט בייגן.

ד) אויסציעוודיקייט, אַזוי הייסט די אייגנשאַפט, וואָס די קערפּערס לאָזן זיך זייער שטאַרק אויסציען אין דער לענג, ניט ווערנדיק דערביי איבערגעריסן. צעשמאָלצענע גלאָז צ. ב. איז זייער אויסציעוודיק און לאָזט פון זיך מאַכן זייער דינע פעדים.

§ 13. מאָלעקולעס. מאָלעקולאַרע קרעפטן. באַהעפטונג. צוהעפטונג. פון די ביז איצט באַהאַנדלטע אייגנשאַפטן פון קערפּערס קענען מיר זיך שוין שאַפן אַ טיפערע פאָרשטעלונג וועגן דעם מאָלעקולאַרן בוי פון די קערפּערס.

יעדער קערפּער באַשטייט פון אומענדלעך קליינע מאָלעקולעס, וועלכע ווערן צוזאַמענגעהאַלטן אַ דאַנק דער ווירקונג פון די מאָלעקולאַרע קרעפטן. די קראַפט, וועלכע האַלט צונויף די מאָלעקולעס פון דעמזעלביקן קערפּער הייסט באַהעפטונג.

ווי גרויס אַ מאָלעקולע איז קענען מיר ניט מעסטן. טעאָרעטישע אויספאָרשונגען האָבן געוויזן, אַז צ. ב. אין אַ קוב. צמ. געוויינלעכער לופט זיינען פאַראַן אַזוי פיל מאָלעקולעס, אַז די צאָל זייערע שרייבט זיך מיט 20 ציפערן. קומט אויס, אַז אויף דער לענג פון 1 ממ. וואָלטן זיך אויסגעלייגט העכער ווי אונדערטהאַלבן מיליאָן מאָלעקולעס שוין צוזאַמען

*) מינעראַלן

מיט די פארעס. דאָס דאַרף אונדז ניט אויסקומען אומגלויבלעך, ווייל מיר ווייסן שוין פון דער נאַטורוויסנשאַפט וועגן מיקראָבן, וועלכע זיינען אייך אומענדלעך קליינע לעבעדיקע וועזנס, וועלכע פאַרמאָגן אַ גוף, דערנערן זיך. היינט ווי קליין דאַרפן שוין זיין די מאָלעקולעס, פון וועלכע זייער קערפּער איז צונויפגעשטעלט?

די באַהעפטונג, די מאָלעקולאַרע קרעפטן, האַלטן די מאָלעקולעס צונויף און בילדן פון זיי אַ גאַנצקייט, איין קערפּער, וועלכן זיי לאָזן ניט סיי קלענער מאַכן אין פאַרנעם, סיי מאַכן גרעסער. זיי ווירקן, הייסט עס, סיי צוציענדיק (באַם פאַרגרעסערן דעם פאַרנעם), סיי אָפּשטויסנדיק (באַם פאַרקלענערן).

צום שטאַרקסטן ווירקן די מאָלעקולאַרע קרעפטן אין האַרטן צושטאַנד פון די קערפּערס, און דעריבער האַלטן זיך די מאָלעקולעס פעסטער צוזאַמען און דער האַרטער קערפּער פאַרמאָגט דעריבער זיין זעלבשטענדיקע פאָרעם און פאַרנעם.

אין פליסיקייטן ווירקן שוין די מאָלעקולאַרע קרעפטן, די באַהעפטונג שוואַכער: אַ פליסיקייט האַלט נאָך איין איר זעלבשטענדיקן פאַרנעם, אָבער קיין זעלבשטענדיקע פאָרעם האָט זי ניט און די צוציונג פון דער ערד צווינגט איר זיך צו פונאַנדערגיסן און אָנצונעמען די פאָרעם פון דער כּלי, אין וועלכער זי געפינט זיך. דאָס, וואָס אַ פליסיקייט האַלט זיך אין טראָפּנס, ווייזט אונדז, אַז די באַהעפטונג ווירקט נאָך צווישן די מאָלעקולעס פון דער פליסיקייט. וואָס שטאַרקער די באַהעפטונג איז אין אַ פליסיקייט, אַלץ גרעסערע טראָפּנס בילדן זיך פון איר.

אין גאַזיקן צושטאַנד פון אַ קערפּער זיינען די מאָלעקולאַרע קרעפטן צום שוואַכסטן. די אויסנווייניקסטע סיבה, צ. ב. אָנוואַרעמונג, טרייבט די מאָלעקולעס זייער לייכט פונאַנדער. אַזוי, אַז אַ גאַז האָט שוין ניט קיין זעלבשטענדיקע פאָרעם און ניט קיין זעלבשטענדיקן פאַרנעם, ער קען אויספילן יעדן רוים.

ווי פאַרהאַלטן זיך די מאָלעקולעס אויף זייערע ערטער? צי זיינען זיי אומבאַוועגלעך, אָדער באַוועגן זיך ווי עס איז? דאָס, וואָס אַ גאַז פילט אויס יעדן רוים, צווינגט אונדז אָנצונעמען, אַז די מאָלעקולעס רוען ניט אויף זייערע ערטער, נאָר זיי באַוועגן זיך אין אַלע ריכטונגען. פליסיקייטן מישן זיך אויך צונויף ד. ה. די מאָלעקולעס פון יעדער פון זיי דרינגען אַריין אין די פארעס פון דער צווייטער. דאָס איז אַ סימן, אַז

אין פליסיקייטן באַוועגן זיך די מאָלעקולעס אויך. האַרטע קערפּערס מישן זיך אויך צונויף, אמת זייער לאַנגזאַם. עס איז צ. ב. דערוויזן געוואָרן, אַז ווען אַ שטיק גאָלד איז געלעגן זייער אַ לאַנגע צייט אויף אַ שטיק בליי, זיינען מאלעקולעס פון גאָלד אַריינגעדרונגען אין די בליי און פאַרקערט.

ווילן מיר זיך פאָרשטעלן, ווי אַזוי קען דאָס זיין אין אַ האַרטן קערפּער, אַז די מאלעקולעס זאָלן זיך גלייכצייטיק סיי באַוועגן, סיי בלייבן איינע בא דער אַנדערער, דאַן קענען מיר נעמען אַ ביישפּיל פון די הימלישע קערפּערס: אָט באַוועגט זיך די ערד מיט נאָך פּלאַנעטן אַרום דער זון און גייען דאָך ניט אַוועק פון איר. און אַרום דער ערד, באַוועגט זיך גלייכצייטיק די לבנה. אפשר קומט פאָר אין יעדן קליינעם קערפּער מיט די מאלעקולעס דאָסזעלבע, וואָס אין דער גרויסער וועלט מיט די הימלישע קערפּערס? אָט זעען מיר, אַז די הימלישע קערפּערס ציען זיך צו, און די מאָלעקולעס און אַ קערפּער ציען זיך אויך צו. יעדער קערפּער ציט צו אַ צווייטן. דאָס האָבן מיר אָנגערופן שווערקייט.

די מאלעקולאַרע קרעפטן פון צוויי פאַרשיידענע קערפּערס קענען זיי צונויפהעפטן פעסט איינעם מיטן צווייטן, ווען מיר דערנענטערן דידאָזיקע קערפּערס ענג איינעם צום אַנדערן, ווי מיר האָבן געזען פריער מיט די צונויפגעקוועטשטע שטיקלעך בליי. די מאלעקולאַרע צוציונג פון צוויי באַזונדערע קערפּערס, ווען זיי ווערן צוגעפּרעסט אָדער בכלל דערנענטערט איינער צום צווייטן, הייסט **אָנהעפטונג.**

די מאלעקולאַרע קרעפטן ניצן מיר אויס אין דער טעכניק אויף יעדן טריט. ווען מיר הייבן אַ לאַסט מיט אַ קייט, דאַרפן מיר זעען, אַז אירע רונגען זאָלן זיין אַזוי דיק, אַז די לאַסט זאָל איר ניט איבעררייסן, ד. ה. אַז די אויסנווייניקסטע קראַפט (די וואָג פון דער לאַסט) זאָל ניט איבערשטאַרקן די מאלעקולאַרע צוציונג-קרעפטן. און אַזוי איז מיט יעדן טייל פון אַ מאַשין, פון אַ געביידע, פון יעדער איינריכטונג: דעם מאַטעריאַל פון די באַזונדערע טיילן און זייער גרעב דאַרפן מיר צופּאַסן אַזוי, אַז די אויסנווייניקסטע קראַפט זאָל ניט איבערשטאַרקן די מאלעקולאַרע קרעפטן, זאָל ניט איבערגיין דער גרעניץ פון עלאַסטישקייט און זאָל דעם טייל ניט דעפאָרמירן: ניט צערייסן, ניט צעקוועטשן, ניט צעבייגן, ניט צעדרייען, ניט צעשניידן א. א. וו.

§ 14. **אויפגאַבעס.** 1) 1 ענגלישער צאָל האַלט 2,54 צמ. וויפל צאָל

האַלט אַ מעטער! וויפל מעטער האַלט 1,8 צאָל? וויפל קוו. צאל
האַלט אַ קוו. מ.? וויפל קוו. מ. האַלט 500 קוו. צאל?
2) 1 ענגלישער פוס האַלט 12 צאל, און אַ יאַרד (ענגלישע לענג-מאָס)
האַלט 3 פוס. אויסרעכענען: וויפל מ. האַלט אַ פוס? אַ יאַרד?
וויפל יאַרד האַלט אַ מעטער? וויפל מעטער האַלט 1000 פוס?
וויפל צמ. האַלט אַ יאַרד? וויפל קוו. צמ. האַלט אַ קוו. פוס?
וויפל קוב. ממ. האַלט אַ קוב. צאָל? וויפל קוב. צאָל האַלט אַ
ליטער? 3) וויפל קג. וועגט 125 מ. קופער דראָט מיט אַ קווער-
שניט פון 5 קוו. ממ.? 4) אַ שפולע קופער דראָט מיט אַ קווער-
שניט פון 0,5 קוו. ממ. וועגט 3,6 קג. וויפל מעטער האַלט די לענג פון
דראָט? 5) וויפל וועגט אַ מאַרמאָרנע טישבלאַט מיט אַ לענג 1,3
מ. ברייט 96 צמ. און גרעב 25 ממ.? 6) אַ פּאַק טאָוולען פון
צינק-בלעך אַנטהאַלט 20 טאָוולען און וועגט 80 קג. יעדער טאָוול האַלט
אין דער לענג 1,42 מ., אין דער ברייט 71 צמ. אויסרעכענען די גרעב
פון די בלעך. 7) די מאדעל פון סאָסנע האָלץ פאַר אַ מאַשינען-
טייל וועגט 5,6 קג. וויפל וועט וועגן דער טייל אַליין, ווען ער ווערט
געגאָסן פון גוס-אייזן (די וואָגן פון צוויי קערפּערס, באַם זעלביקן פאַרנעם,
זיינען גלייך פּראָפּאָרציאָנעל צו זייערע ספּעצ. וואָגן.). 8) אַ מאַ-
שינען-טייל ווערט אויסגעגאָסן איינמאָל פון מעש און אַ צווייטן מאָל פון
אַלומיניום; וועלכער טייל וועגט שווערער און מיט וויפל מאָל?
9) עס ווערט אויסגעגראָבן אַ קאַנאַל פון 3 מ. די ברייט, 4 מ. די טיף
און 210 מ. די לענג. די ערד ווערט אָפּגעפירט מיט פורן, צו 600 קג. אויף אַ
פור; וויפל פורן ערד ווערן אָפּגעפירט? 10) אַ גראַניט-שטיין
וועגט 70 קג. וויפל וועגט די וואַסער, וואָס דער שטיין שטויסט אַרויס
מיט זיין פאַרנעם? 11) 5,6 מ. קופער דראָט וועגט 74 גר. וויפל
קוו. ממ. האַלט דער קווערשניט? 12) אין אַ פלאַש גייט אַריין
2,4 קג. וואַסער. וויפל קג. נאַפט קען אַריינגנעמען די פלאַש?
13) אַ פלאַש אָנגעפילט מיט וואַסער וועגט 2,5 קג., לעדיקערהייט 0,4 קג.
וויפל קג. שוועבלזייער וועט אַריינגיין אין פלאַש? 14) אַ פלאַש
אָנגעפילט מיט וואַסער וועגט 500 גר., מיט שפּיריטוס—406 גר.; וויפל וועגט
די פלאַש אַליין (זע אויפגאַבע 7.) 15) מען שמעלצט צונויף 3 קג.
קופער מיט 1,2 קג. צין. אויסרעכענען די ספּ. וואָג פון באַקומענעם
שמעלץ. 16) אַ געגנשטאַנד קען אויסגעגאָסן ווערן פון מעש (ספּ.

וואָג 8,5 פרייז 3,2 זל.: קג.) אָדער מאגנאַליום (אַ געמיש פון אַלומיניום מיט מאַגנעזיום, ספּ. וואָג 2,6, פרייז 8 זל.: קג.): וואָס מאַכט אויס ביליקער?

פראַגעס. דערקלער פאָלגנדיקע דערשיינונגען: 1) מיט אַ קליינעם שטיקל בליישטיפט קען מען אָפּשוואַרצן אַ גאַנץ זייטל פּאַפּיר 2) דימענט קריצט אויף גלאָז 3) באַנעצטע האָלץ, קאַרטאָן קרימט זיך אויס מיט דער נאַסער זייט אויף אויסנווייניק. 4) אייזן לאָזט זיך שמידן אָנגעהיצטערהייט בעסער ווי קאַלטערהייט. 5) די ספּעציפישע וואָג פון אָנגעוואַרעמטע קערפּערס איז קלענער ווי קאַלטערהייט. 6) באַם צונויפּ-קלייען האָלץ ווערן די פלעכעס גלאַט אָפּגעהעבלעוועט. 7) ווען אַ ווינט בייגט איין די בוימער גלייכן זיי זיך ווידער אויס. 8) צוויי פּעטס-קרייזלאַך אין זופּ גיסן זיך אָפטמאָל צונויף צו איין קרייז.

II באַוועגונג. קראַפט. אַרבעט.

§ 15. באַוועגבאַרקייט. צייט. געשווינטקייט. וועג. פון דער דערפאַרונג ווייסן מיר, אַז יעדער אָן אויסנאַם קערפּער איז באַוועגבאַר, ווייל אָדער מיר זעען ווי ער אַליין באַוועגט זיך, אָדער מיר ווייסן עס פון דער נאַטורוויסנשאַפט. דער גרעסטער קערפּער, מיט וועלכן מיר זיינען אין באַרירונג, די ערד אַליין, ווי מיר ווייסן, באַוועגט זיך סיי אַרום איר אייגענער אַקס, סיי אַרום דער זון. דאָס זעלבע איז אויך מיט דער זון. מיר געפינען ניט אין דער גאַנצער נאַטור קיין איין קערפּער, וועלכער זאָל זיך אָדער אַליין ניט באַוועגן, אָדער זיך ניט געפינען אויף אַ צווייטן באַוועגלעכן קערפּער. אַזוי אַרום איז די באַוועגונג אַן אַלגעמיינע דערשיי-נונג אין דער נאַטור.

באַוועגונג, ד. ה. אַזאַ דערשיינונג, וואָס אַ קערפּער ענדערט זיין לאַגע צו די אַרומיקע קערפּערס, איז די איינפאַכסטע דערשיינונג אין דער נאַטור. ווי באַלד מיר זעען ניט, אַז דער קערפּער בייט זיין לאַגע צו די אַרומיקע, באַנעמען מיר ניט זיין באַוועגונג.

כדי די באַוועגונג פון אַ קערפּער זאָל זיין פאַר אונדז פולקום באַ-שטימט, דאַרפן מיר ווסן 3 גרויסן: 1) דעם וועג, ד. ה. די לענג און די פאָרעם פון דער ליניע, אויף וועלכער דער קערפּער האָט זיך באַוועגט

און 2) **די צייט** אין משך, פון וועלכער די באַוועגונג קומט פאָר, 3) די **געשווינטקייט** פון דער באַוועגונג, ד. ה. די לענג פון וועג, וואָס דער קערפּער גייט דורך אין 1 מאָס צייט, און די ענדערונג פון דער דאָזיקער לענג.

יעדע באַוועגונג פאָדערט צייט. די צייט מעסטן מיר אין **סעקונדעס** (סעק.), **מינוטן** (מינ.), **שעהען** (ש.) א. אַנד. אַ מעת-לעת ד. ה. די צייט צווישן די צוויי העכסטע לאַגעס פון דער זון אין אַ וועלכער עס איז געגנט, ווערט איינגעטיילט אין 86400 גלייכע צייט-שטיקער. איין 86400-סטל פון אַ מעת-לעת הייסט סעקונדע (סעק.), 60 סעקונדעס בילדן אַ מינוט (מינ.) 60 מינוטן — אַ שעה (ש.).

דער וועג ווערט געמאָסטן אין לענג—מאָסן (קמ. מ. צמ. ממ.). לויט דער געאָמעטרישער פאָרעם פון דער וועג-ליניע קען אַ באַוועגונג זיין אַ **גראָדליניקע**, ווען די וועג-ליניע איז אַ גראָדע, און אַ **קרומליניקע** — ווען זי איז אַ קרומע. ווען אַ קערפּער באַשרייבט אין דער באַוועגונג אַן אומקרייז, הייסט אַזאַ באַוועגונג **דרייונג**. די דרייונג קומט פאָר אַרום אַ צענטער, אָדער אַרום אַן אַקס. פאַר אַ ביישפּיל פון אַ גראָדליניקע באַוועגונג קען אונדז דינען דער וועג פון אַ שטיין, ווען ער פאַלט אַראָפּ פריי פון אַ הויכן אָרט; די באַוועגונג פון שטיין, ווען מיר וואַרפן אים איז אַ קרומליניקע. דער ווייזער פון זייגער באַוועגט זיך אויף אַן אומקרייז: ער דרייט זיך אַרום צענטער פון ציפערבלאַט.

די געשווינטקייט באַקומען מיר, טיילנדיק דעם וועג (אויסגעדריקט אין לענג-מאָסן) דורך דער צייט (אין צייט-מאָסן). אַזוי אַרום ווערט די געשווינטקייט אויסגעדריקט דורך צוויי מאָסן: לענג-מאָסן, געטיילט דורך צייט-מאָסן. מיר זאָגן: דער צוג באַוועגט זיך מיט אַ געשווינטקייט פון 35 קמ. אין אַ שעה און שרייבן עס אַזוי: 35 קמ: ש. ווען איינע פון די דאָזיקע מאָסן פעלט, בלייבט די געשווינטקייט אומבאַשטימט, ווייל מיר ווייסן ניט אָדער די לענג-מאָסן אָדער די צייט פון דער באַוועגונג און ביידע זאַכן זיינען וויכטיק פאַר דער געשווינטקייט.

גיט מען אונדז אָן פון די דריי מאָסן: צייט, וועג, געשווינטקייט, וועלכע עס איז צוויי, קענען מיר די דריטע שוין אַליין אויסרעכענען:

ביישפּיל 1: אַ צוג גייט איין 42 קמ. פאַר 1,5 ש.: אויסרעכענען די געשווינטקייט אין מ.: סעק. דריקן מיר אָפּרירער אויס דעם וועג אין מ., די צייט אין סעק. (ווייל די אויפגאַבע פאָדערט אַזוי). דער וועג מאַכט

אויס 42000 מ., די צייט 1,5×60×60 ד. ה. 5400 סעק. כדי צו געפינען, וויפל ער גייט איין אין 1 סעק. דאַרפן מיר 42000 טיילן דורך 5400 און מיר באַקומען באַ 7,78 מ.: סעק. אַזוי אַרום.

כדי אויסצורעכענען די געשווינטקייט (אין די געוואוּנטשענע מאָסן) **דאַרף מען דעם וועג** (אויסגעדריקט אין די געוואוּנטשענע לענג-מאָסן) **טיילן דורך דער צייט** (אויסגעדריקט אין די געוואוּנטשענע צייט-מאָסן.)

ביישפּיל 2. אַ צוג באַוועגט זיך מיט אַ געשווינטקייט פון 10 מ.: סעק. וויפל קמ. גייט ער איין אין 45 מינוט? דריקן מיר אויס אַפריער די געשווינטקייט אין קמ.: מינ. (ווייל די אויפגאַבע פאָדערט אַזוי): 10 מ.: סעק. מאַכט אויס 10:10000 ד. ה. 0,010 קמ.: סעק. אָדער 0,010×60 ד. ה. 0,6 קמ. מינ., אין 45 מינוט וועט ער איינגיין 45×0,6 ד. ה. 27 קמ.; אַזוי אַרום:

כדי אויסצורעכענען דעם וועג (אין די געוואוּנטשענע לענג-מאָסן), **דאַרף מען דער געשווינטקייט** (אויסגעדריקט אין די געוואוּנטשענע לענג און צייט - מאָסן) **פאַרמערן אויף דער צייט** (אין די געוואוּנטשענע צייט-מאָסן).

ביישפּיל 3. אַ צוג גייט מיט דער געשווינטקייט פון 5 מ.: סעק.: אין וויפל מינוט וועט ער איינגיין אַ שטרעקע פון 50 קמ.? דריקן מיר אויס אַפריער די געשווינטקייט אין קמ. מינ. (ווייל די אויפגאַבע פאָדערט אַזוי) 5 מ: סעק. מאַכט אויס 5:1000 ד. ה. 0,005 קמ.: סעק. אָדער 0,005×60 ד. ה. 0,3 קמ.: מינ. און די צייט וואָס דער צוג וועט איינגיין 50 קמ. געפינען מיר, טיילנדיק 50 קמ. דורך 0,3 קמ.: מינ. און באַקומען באַ 166,6 מינ.; אַזוי אַרום.

כדי אויסצורעכענען די צייט פון דער באַוועגונג (אין די געוואוּנטשענע מאָסן) **דאַרף מען די לענג פון וועג** (אויסגעדריקט אין די געוואוּנטשענע לענג-מאָסן) **טיילן דורך דער געשווינטקייט** (אויסגע-דריקט אין די געוואוּנטשענע לענג און צייט-מאָסן).

באַ אַ דריייוּנג ווערט די באַוועגונג אָנגעגעבן אין דער צאָל **טורן**, ד. ה. די פולע אומדרייוּנגען, וואָס דער קערפּער מאַכט אין אַ מינוט צייט, מען שרייבט עס אַזוי: למשל אַ ראָד מאַכט 210 טורן אין אַ מינוט, שרייבן מיר 210 טורן; מינ. כדי אויסצורעכענען די **ליניאַלע** געשווינטקייט פון אַ דריי באַוועגונג. דאַרף מען אונדז אָנגעבן די ווייטקייט, דעם ראַדיוס, פון פונקט ביז דער אַקס, אָדער דעם צענטער, אַרום וועלכער ער דרייט

זיך. אין רעדער, שייבעס א. אַנד. ווערט אָנגעגעבן דער אויסנווייניקסטער דיאַמעטער (אָדער ראַדיוס). דאַן רעכענען מיר אויס די ליניאַלע גע־שווינטקייט אַזוי: —

ביישפּיל 4: אַ שייבע מיט אַ דיאַמעטער פון 600 ממ. מאַכט 240 טורן: מינ. אויסרעכענען די ליניאַלע געשווינטקייט אויפן ראַנד אין מ: סעק.; פאַר איין טור מאַכט אַ פּונקט פון ראַנד 600 × ח ממ: אָדער ח 0,6 מ., פאַר איין מינוט מיט 240 מאָל מער ד. ה. 240 × ח × 96 און פאַר 1 סעק. מיט 60 מאָל ווייניקער ד. ה. 6 : (240 × ח × 0,6 אָדער 75,36 מ.: מינ. (ח=3,14). אַזוי אַרום:

כּדי אויסצורעכענען די ליניאַלע געשווינטקייט אויפן ראַנד פון אַ שייבע (אויסגעדריקט אין די געוווּנטשענע לענג־מאָסן) דאַרף מען דעם דיאַמעטער (אין די געוווּנטשענע לענג־מאָסן) פאַרמערן אויף ח, פאַרמערן אויף דער צאָל טורן (אויסגעדריקט אין די געוווּנטשענע צייט־מאָסן.

מיר קענען אויך אויסרעכענען די צאָל טורן, אָדער דעם דיאַמעטער פון דער שייבע, ווען מיר ווייסן די איבעריקע גרויסן.

ביישפּיל 5: וויפל טורן: מינ. מאַכט אַ שייבע מיט אַ דיאַמעטער פון 360 ממ. אויב די ליניאַלע געשווינטקייט אויפן ראַנד באַטרעפט 6 מ: סעק.? רעכענען מיר אַזוי: פאַר איין טור גייט דורך אַ פּונקט פון ראַנד 360 × ח ממ., אָדער ח 0,36 מ. די ליניאַלע געשווינטקייט אין מ: מינ. באַטרעפט 60 × 6 ד. ה. 360; כּדי צו געפינען די צאָל טורן: מינ. טיילן מיר דעם גאַנצן וועג 360 מ., אויף דעם וועג פון 1 מינ. ד. ה. ח 0,36 : 360; און מיר באַקומען בּאַ 318 טור: מינ. אַזוי אַרום.

כּדי אויסצורעכענען די צאָל טורן: מינ. פון אַ שייבע, דאַרף מען די ליניאַלע געשווינטקייט אין מ: מינ. אויף איר ראַנד טיילן דורך דער לענג אין מ. פון איר אומקרייז.

ביישפּיל 6: ווי גרויס דאַרף זיין דער דיאַמעטער אין ממ. פון אַ שייבע, וועלכע מאַכט 300 טורן: מינ. בּאַ אַ ליניאַלער געשווינטקייט אויפן ראַנד פון 5,4 מ: סעק.? די צאָל טורן: סעק. באַטרעפט 300:60 ד. ה. 5, פאַר איין טור דאַרף אַ פּונקט אויפן ראַנד דורכגיין 5,4 מ: סעק. טיילן דורך 5 ד. ה. 1.08 מ. אָדער 1080 ממ. און דאָס וועט זיין די לענג פון אומקרייז פון דער שייבע. כּדי אויסצורעכענען דעם דיאַמעטער, דאַרף מען די לענג פון אומקרייז טיילן דורך ח: טיילן מיר 3,14 : 1080 און באַקומען בּאַ 344 ממ; אַזוי אַרום:

כדי אויסצורעכענען דעם דיאַמעטער פון אַ שייבע אין ממ; דאַרף מען די געשווינטקייט אויף איר ראַנד אין ממ: סעק. טיילן דורך דער צאָל טורן פאַר 1 סעק. צייט, דערנאָך ווייטער טיילן דורך ח.

ווען מיר באַצייכענען די ליניאַלע געשווינטקייט פון אַ באַוועגלעכן פונקט דורך V מ: סעק. די צייט פון דער באַוועגונג דורך t סעק. די שטרעקע דורך S מ., די צאָל טורן: מינ. דורך n דעם דיאַמעטער דורך D מ. דאַן באַקומען מיר פאָלגנדיקע אַלגעברישע פאָרמולעס אויסצורעכענען דעם וועג (פאָרמ. 1), די געשווינטקייט (פאָרמ. 2) די צייט (פאָרמ. 3), די ליניאַלע געשווינטקייט אויפן ראַנד פון אַ שייבע (פאָרמ. 4), די צאָל טורן: מינ. (פאָרמ. 5), דעם דיאַמ. אין ממ. (פאָרמ. 6)

1) $S = v. \ t;$ 2) $V = s : t;$ 3) $t = v : S$

4) $V = \frac{\Pi D n}{60}$ 5) $n = \frac{60 v}{\Pi D}$ 6) $D = \frac{60 v}{\Pi n}$

אין די דאָזיקע פאָרמולעס זיינען די לענג מאָסן אין מ., צייט מאָסן—סעק, טורן אין 1 מינ.

אויפגאַבעס: 1. דער גאַנג פון אַ פוסגייער רעכנט זיך 9 קמ. אין 2 ש. אויסרעכענען די געשווינטקייט אין מ: סעק. 2) די פלי-געשווינטקייט פון אַ שוואַלב ווערט געשאַצט אין 60 מ: סעק; וויפל ש. געדויערט באַ אַ שוואַלב דער איבערפלי פון אונדזערע געגנטן קיין מצרים (באַ 3000 קמ.)? 3) אַ דאַמפער גייט פון ליווערפול (ענגלאַנד) קיין ניו-יאָרק (באַ 5400 קמ.) מיט אַ געשווינטקייט פון 12,5 מ: סעק.; די מאַשין זיינע פאַרמאָגט 65000 מעכאַנישע פערד, אויף 1 מעכ. פערד גייט אַוועק 0,7 קג. קוילן אין אַ שעה. וויפל טאָן קוילן דאַרף דער דאַמפער מיטנעמען אויף דער רייזע? 4) אַ ציקליסט פאָרט אָפּ אַ שטרעקע פון 18 קמ. אין 1,5 ש. צייט. אויסרעכענען זיין געשווינטקייט אין מ: סעק. די צאָל טורן: מינ. אויב דער דיאַמעטער פון ראָד פון ראָווער באַטרעפט 80 צמ.; 5) די געשווינטקייט פון אַ קלאַנג אין דער לופט באַטרעפט 333 מ: סעק.; אַ מענטש האָט דערהערט דעם דונער 6 סעקונדעס נאָך אַ בליץ. וויפל קמ. פון מענטשן האָט אַרויסגעשלאָגן דער בליץ? 6) אַ טייך פליסט מיט אַ געשווינטקייט פון 0,8 מ: סעק.; אַ בערלינע גייט אַרויס פון איין שטאָט 8 דעם זייגער פרי און שווימט מיטן וואַסער צו אַ צווייטער שטאָט אויפן טייך 40 קמ. ווייט פונדער ערשטער; ווען וועט די בערלינע אָנקומען?

§ 16. **גלייכמעסיקע און אומגלייכמעסיקע באַוועגונג. פאַרגיכערונג און פאַרלאַנגזאַמונג (אָפּהאַלט).** אין די ביז איצט באַטראַכטע אויפגאַבעס איז די געשווינטקייט פון באַוועגלעכן קערפּער (אָדער פונקט) געווען אַ באַשטענדיקע ד. ה. אין גלייכע צייט-מאָסן איז דער קערפּער דורכגעגאַנגען דיזעלביקע וועג מאָסן, וועלכן מאָמענט פון דער באַוועגונג מיר האָבן ניט באַטראַכט.

אַזאַ באַוועגונג, ווען דער באַוועגלעכער קערפּער גייט דורך אין גלייכע צייטן גלייכע לאַנגע וועגן הייסט **גלייכמעסיקע באַוועגונג,** ד. ה. זיין געשווינטקייט ענדערט זיך ניט.

מיר זעען אָבער אַרום זיך אויך אַזעלכע באַוועגונגען, ווען די געשווינטקייט פון באַוועגלעכן קערפּער ענדערט זיך. ווען צ. ב. אַ צוג רירט זיך פון אַ סטאַנציע, הייבט ער זיך אָן צו באַוועגן זייער לאַנגזאַם, זיין געשווינטקייט ווערט אַלץ גרעסער און ערשט אין אַ פּאָר מינוט אַרום לויפט ער שוין מיט זיין פולן גאַנג. ווען דער צוג דערנענטערט זיך צו אַ סטאַנציע שטעלט ער זיך ניט אָפּ האַסטיק, מיט איין מאָל, נאָר ביסלעכווייז, זיין געשווינטקייט ווערט אַלץ קלענער און קלענער, ביז ער בלייבט אינגאַנצן שטיין נעבן דער סטאַנציע.

אַזאַ באַוועגונג, ווען דער באַוועגלעכער קערפּער גייט דורך אין גלייכע צייטן פאַרשיידענע וועגן, אָדער גלייך לאַנגע וועגן אין פאַרשיידענע צייטן, הייסט **אומגלייכמעסיקע באַוועגונג,** ד. ה. זיין געשווינטקייט ענדערט זיך.

די אומגלייכמעסיקע באַוועגונג קען זיין: א) **אַ פאַרגיכערטע,** ווען די געשווינטקייט וואַקסט מיט יעדן מאָמענט און 2) **אַ פאַרלאַנגזאַמטע,** ווען די געשווינטקייט פאַלט, נעמט אָפּ מיט יעדן מאָמענט.

סיי די פאַרגיכערטע, סיי די פאַרלאַנגזאַמטע באַוועגונג קען זיין אַ גלייכמעסיקע ווען די געשווינטקייט קומט צו אין יעדן מאָמענט אויף דער זעלביקער מאָס, אָדער פאַלט אָפּ אין יעדן מאָמענט אויף דער זעלביקער גרויס.

דער צוּוואוקס פון דער געשווינטקייט, פאַר 1 סעק. צייט הייסט די **פאַרגיכערונג,** פון דער גלייכמעסיק-פאַרשנעלערטער באַוועגונג.

דער אָפּפאַל פון דער געשווינטקייט פאַר 1 סעק. צייט הייסט די **פאַרלאַנגזאַמונג,** אָדער אָפּפאַל, פון דער גלייכמעסיק פאַרלאַנגזאַמטער באַוועגונג.

סיי די פאַרגיכערונג, סיי די פאַרלאַנגזאַמונג באַקומט זיך פון טיילן דער געשווינטקייט אויף דער צייט. די געשווינטקייט ווידער באַקומט זיך פון טיילן לענג מאָסן (דעם וועג) אויף צייט מאָסן, אַזוי אַרום וועט זיך די פאַרגיכערונג (און פאַרלאַנגזאַמונג) אויסדריקן אין לענג מאָסן געטיילט אויף דעם קוואַדראַט פון צייט-מאָסן, צ. ב. מעטערס געטיילט אויף דעם קוואַדראַט פון סעקונדעס, אָדער ווי מיר שרייבן: מ: סעק. קוו., אָדער צמ: סעק. קוו.

אַזוי אַרום איז די געשווינטקייט פון אַ פאַרגיכערטער אָדער פאַרלאַנג-זאַמטער באַוועגונג שוין אומבאַשטימט, ווי באַלד מע זאָגט אונדז ניט, וועלכן מאָמענט פון דער באַוועגונג מיר באַטראַכטן, ווייל די געשווינטקייט ענדערט זיך יעדן מאָמענט. וועט מען אונדז אָנגעבן, אַז די באַוועגונג איז אַ גלייכ-מעסיק פאַרשנעלערטע (אָדער פאַרלאַנגזאַמטע) און אויך די גרויס פון דער פאַרגיכערונג (אָדער פאַרלאַנגזאַמונג), דאַן ערשט וועלן מיר קענען אויסרע-כענען סיי די געשווינטקייט, סיי דעם וועג, סיי די צייט.

די געשווינטקייט פון אַ גלייכמעסיק-פאַרשנעלערטער אָדער פאַרלאַנגזאַמטער באַוועגונג ווערט גענומען די מיטלמעסיקע פאַר אַ באַשטימטער צייט, ד. ה. אַזאַ *גלייכמעסיקע געשווינטקייט* מיט וועלכער דער פאַרשנעלערטער (אָדער פאַרלאַנגזאַמ-טער) קערפער דאַרף זיך באַוועגן, כדי פאַר דערזעלביקער צייט דורכגיין דיזעלביקע שטרעקע, וואָס באַ דער אומגלייכמעסיקער באַוועגונג. ווען צ. ב. אַ קערפער באַוועגט זיך פאַרשנעלערט אַזוי, אַז די געשווינטקייט פון אָנהויב איז געווען 20 מ: סעק. און צום סוף פון דער 10 סעקונדע — 28 מ: סעק. וועט די מיטלמעסיקע געשווינטקייט באַטרעפן $(20+28):2$ ד. ה. 24 מ: סעק. און דעם וועג פאַר די 10 סעק. וועלן מיר געפינען, פאַרמערנדיק דידאָזיקע מיטלמעסיקע געשווינטקייט אויף דער צייט, אַזוי אַז דאָס וועט אויסמאַכן 240 מ. = 10×24.

לאָמיר מאַכן עטלעכע אויפגאַבעס:

בײַשפּיל 1 אַ צוג רירט זיך פון אַ סטאַנציע און אין משך פון 30 סעק. דערגרייכט ער זיין פולע געשווינטקייט פון 30 קמ: ש; אויסרעכענען 1) די פאַרגיכערונג, 2) וואָס פאַר אַ געשווינטקייט וועט ער האָבן אין דער 18-טער סעקונדע, 3) די דורכשניטלעכע געשווינטקייט פאַר דער צייט, 4) דעם וועג פאַר דער דאָזיקער צייט.

מאַכן מיר אַזוי: 30 קמ: ש. מאַכט אויס $30.000 : 3600$ גלייך 8,33 מ:

סעק. דידאָזיקע געשווינטקייט שטעלט זיך צונויף פון גלייכמעסיקע פאַרשנע-
לערונגען פון יעדער סעקונדע, אַזוי אַז די פאַרשנעלערונג באַטרעפט 30 : 8,33
גלייך באַ 0,277 מ: סעק. קוו.; אין דער 18-טער סעקונדע ווערט ער האָבן
די געשווינטקייט, וואָס שטעלט זיך צונויף פון 17 מאָל דער פאַרשנעלע-
רונג ד. ה. 17 × 0,277 גלייך 4,709 מ: סעק.; די דורכשניטלעכע געשווינט-
קייט קומט אויס 2 : (8,33 + 0) גלייך 4,16 מ: סעק.; דער וועג ווערט זיין
גלייך; מיטלמעסיקע געשווינטקייט מאָל צייט ד. ה. 30 × 4,16 גלייך 124,8
מ. (די געשווינטקייט פון אָנהויב איז געווען 0, ווייל דער צוג איז געֶ-
שטאַנען, איידער ער האָט זיך גערירט).

ביישפּיל 2: אַ צוג, וועלכער איז געגאַנגען מיט אַ געשווינטקייט
פון 5,6 מ: סעק. האָט אין דער צייט פון 14 סעקונדעס אַרופגעיאָגט צו
אַ געשווינטקייט פון 8,4 מ: סעק.; אויסרעכענען 1) די פאַרשנעלערונג
2) מיט וואָס פאַר אַ געשווינטקייט איז ער געגאַנגען 10 סעקונדעס
נאָכן אָנהויב פון דער פאַרשנעלערונג 3) די דורכשניטלעכע געשווינט-
קייט פאַר די דאָזיקע 14 סעק. 4) דעם וועג פאַר די 14 סעק.

מאַכן מיר ווי פריער: 1) די געשווינטקייט איז צוגעוואַקסן אויף
8,4–5,6 גלייך 2,8 מ: סעק. אין משך פון 14 סעק. גלייכמעסיק, הייסט עס
יעדער סעקונדע איז צוגעוואקסן 14 : 2,8 גלייך 0,2 מ: סעק.; 2) די
געשווינטקייט אין דער 11-טער סעקונדע איז גלייך דער געשווינטקייט פון
אָנהויב 5,6 מ: סעק. צוגערעכנט דער צוּוואקס פאַר די 10 סעק., ד. ה.
2 מ: סעק. קומט אויס צוזאַמען 7,6 מ: סעק.; 3) די דורכשניטלעכע
געשווינטקייט פאַר די 14 סעק. מאַכט אויס: 2 : (8,4 + 5,6) גלייך 7 מ.
סעק.; 4) דער וועג פאַר די 14 סעק. באַטרעפט 14 × 7 גלייך 98 מ.;

וואָלט דער צוג זיך גענומען באַוועגן פאַרלאַנגזאַמט, דאַן וואָלטן מיר
דעם אָפּהאַלט געפונען מיט זעלבן גאַנג אַראָפּרעכנדיק די קלענערע גע-
שווינטקייט פון דער גרעסערער.

ביישפּיל 3: אַ צוג רירט זיך פון אָרט מיט אַ פאַרשנעלערונג פון
0,2 מ: סעק. קמ. אויסרעכענען: 1) אין וויפל סעק. אַרום ווערט זיין גע-
שווינטקייט דערגרייכן 8,4 מ: סעק. און 2) וויפל מעטערס ווערט ער
דורכגיין פאַר דערדאָזיקער צייט? די געשווינטקייט שטייגט גלייכמעסיק,
פון 0 ביז 8,4 צו 0,2 מ: אין יעדע סעק. הייסט עס אַז כדי צו גע-
פינען די צייט דאַרף מען טיילן 8,4 אויף 0,2 און מיר באַקומען, אַז
דאָס ווערט דערגרייכט ווערן אין 42 סעק. אַרום; די דורכשניטלעכע גע-

שווינדקייט מאַכט אויס 2:(8,4+0) גלייך 4,2 מ: סעק.; פאַר 42 סעקונדעס וועט דער צוג דורכגיין 4,2×42 גלייך 176,4 מ.

ווען די געשווינטקייט פאַרן אָנהויב פון דער פאַרשנעלערונג וואָלט געווען ניט 0, נאָר צ. ב. 2,8 וואָלטן מיר געפונען, אַז דער צוּוואַקס פון דער געשווינטקייט באַטרעפט 8,4–2,8 (פון ביישפיל 3) גלייך 5,6 מ: סעק. און מיר וואָלטן עס אַ פריער געטיילט אויף דער פאַרשנעלערונג און אַזוי אַרום געפונען די צייט.

פון די געמאַכטע אויפגאַבעס לאָזן זיך אַרויסברענגען פאָלגנדיקע זאַצן, ווי צו לייזן אויפגאַבעס מיט אַ גלייכמעסיק פאַרשנעלערטער (אָדער פאַרלאַנגזאמטער) באַוועגונג:

1) כדי אויסצורעכענען די פאַרשנעלערונג (פאַרלאַנגזאמונג) דאַרף מען מען דעם צוּוואַקס (אָדער אָפּפאַל) פון דער געשווינטקייט טיילן דורך דער צייט צאָל סעקונדעס), פאַר וועלכער דער צוּוואַקס (אָדער אָפּפאַל) איז פאָרגע-קומען.

2) כדי אויסצורעכענען די געשווינטקייט אין אַ וועלכן עס איז מאָ-מענט, דאַרף מען די פאַרשנעלערונג (אָדער פאַרלאַנגזאַמונג) פאַרמערן אויף דער צייט, וואָס איז פאַרגאַנגען פון אָנהייב פון דער פאַרשנעלערונג (אָדער פאַרלאַנזאַמונג) ביז דעמדאָזיקן מאָמענט, און דעם באַקומענעם פראָדוקט צורעכענען (אַראָפּרעכענען) צו דער געשווינטקייט, וואָס איז געווען פאַרן אָנהייב פון דער פאַרשנעלערונג.

3) כדי אויסצורעכענען די מיטלמעסיקע געשווינטקייט פון אַ גלייכמע-סיקער פאַרשנעלערטער (אָדער פאַרלאַנגזאַמטער) באַוועגונג פאַר אַ וועלכן עס איז שטיק צייט, דאַרף מען צונויפרעכענען די געשווינטקייטן פון אָנהויב און פון סוף פון דאָזיקן שטיק צייט, און די סומע טיילן דורך 2.

4) כדי אויסצורעכענען דעם וועג וואָס אַ קערפּער גייט דורך מיט אַ פאַרשנעלערטן (אָדער פאַרלאַנגזאַמטן) גאַנג פאַר אַ וועלכער עס איז צייט, דאַרף מען די מיטלמעסיקע געשווינטקייט פאַר דערדאָזיקער צייט פאַרמערן אויף דער צאָל (סעקונדעס) פון דער צייט.

וועלן מיר באַצייכענען די פאַרגיכערונג אָדער אָפּפאַל דורך j (מ: סעק. קוו.) די געשווינטקייט איידער די פאַרשנעלערונג אָדער (פאַרלאַנגזאַ-מונג) האָט זיך אָנגעהייבן דורך V. (מ: סעק,) די געשווינדקייט, וועלכע האָט זיך באַקומען אין t (סעק.) אַרום דורך V_1 די, מיטלמעסיקע געשווינט

קייט פאַר דער צייט דורך V_m (מ. סעק.) דעם דורכגעגאַנגענעם וועג S (מ פאַר די t (סעק.), דאַן באַקומען מיר דיזעלביקע זאַצן אַלגעבריש:

1) פאַרגיכערונג: $j=(V_1-V_0):t$; אָפּפאַל: $j=(V_0-V_1):t$

2) געשווינטקייט: אָדער: $V_1=V_0+j.t$, אָדער $V_1=V_0-jt$

3) מיטלמעסיקע געשווינטקייט: $V_m=(V_0+V_1):2$,

4) וועג: אָדער: $S=(V_0+V_1)\times t:2$ אָדער $S=(V_0-V_1)\times t:2$

אויב דער קערפּער באַוועגט זיך פאַרשנעלערט גלייך מיטן אָנהייב פון דער באַוועגונג, ד. ה. די געשווינטקייט פון אָנהייב V_0 איז גלייך נול, וועט אויסקומען פון דער פאָרמולע (1), אַז

$$j=V_1:t \quad ..... (5)$$

פון דער פאָרמולע (2) אָדער (5) באַקומט זיך

$$V_1=jt \quad ......(6)$$

פון דער פאָרמולע (4) $S=V_1\times t:2$ און ווייל $V_1=jt$ באַקומען מיר

$$S=jt^2:2 \quad ...(7)... \text{ ד. ה.}$$

5) כדי אויסצורעכענען די פאַרגיכערונג j פון אַ קערפּער, וועלכער רירט זיך גלייך פון אָרט מיט אַ פאַרגיכערונג j, און דערגרייכט אין t סעק. אַרום די געשווינטקייט V_1 דאַרף מען דידאָזיקע דערגרייכטע געשווינטקייט טיילן דורך דער צייט, פאַר וועלכער זי איז דערגרייכט געוואָרן.

6) כדי אויסצורעכענען די געשווינטקייט (V_1) וואָס אַ קערפּער דערגרייכט אין t סעק. אַרום, ווען ער רירט זיך גלייך פון אָרט מיט אַ פאַרשנעלערונג (j), דאַרף מען די פאַרשנעלערונג פאַרמערן אויף דער צייט (צאָל סעק.).

7) כדי אויסצורעכענען דעם וועג, וואָס אַ קערפּער גייט דורך אין משך פון (t) סעק., ווען ער רירט זיך גלייך פון אָרט מיט אַ פאַרשנעלערונג (j), דאַרף מען דער צייט הייבן אין קוואַדראַט און דערנאָך פאַרמערן אויף דער פאַרשנעלערונג און דעם פּראָדוקט טיילן דורך 2.

פון דער פאָרמולע (7) דרינגען מיר אַלגעבריש אַרויס, אַז $t=\sqrt{2S:j}$ ד. ה.

8) כדי אויעצורעכענען די צייט אין משך פון וועלכער אַ קערפּער, וואָס באַוועגט זיך גלייכמעסיק פאַרשנעלערט מיט אַ פאַרגיכערונג j, אָנהייבנדיק מיט דער געשווינטקייט נול, און גייט דורך די שטרעקע S, דאַרף מען די דאָפּלטע שטרעקע ($2S$) טיילן דורך דער פאַרגיכערונג (j) און פון דעם טיילוועלט אַרויסציען אַ קוואַדראַט וואָרצל.

ביישפּיל 4: אַ קערפּער הייבט זיך אָן צו באַוועגן גלייך מיט אַ פאַרשנעלערונג פון 0,2 מ: סעק. קוו.; אין וויפל צייט וועט ער דורכגיין אַ שטרעקע פון 6,4 מ? מאַכן מיר לויטן כלל: 2×6,4 איז 12,8, טיילנדיק 12,8:0,2 באַקומען מיר 64 אַרויסציענדיק פון 64 אַ קוואַדראַט-וואָרצל, באַקומען מיר 8 סעק. און דאָס איז דער ענטפער.

אויפגאַבעס. 1. אַ קערפּער רירט זיך פון אָרט און דערגרייכט אין משך פון די אָנגעגעבענע צייטן די געשווינטקייטן: **א)** אין 3 מינ. אַרום 10 מ: סעק.; **ב)** אין 50 סעק. אַרום 4,5 מ: סעק.; **ג)** אין 13 סעק. אַרום 127,53 מ: סעק.; **ד)** אין 5 מינ. אַרום 7,5: סעק.; אויסרעכענען פאַר יעדער אויפגאַבע די פאַרגיכערונג אין מ: סעק.; די מיטלמעסיקע געשווינטקייט פאַר דער געגעבענער צייט; דעם וועג פאַר דער געגעבענער צייט; די געשווינטקייט, וואָס יעדער קערפּער דערגרייכט צום סוף פון דער 6-טער מינוט; דעם וועג, וואָס יעדער קערפּער מאַכט דורך אין 6 מינ.

2) אַ צוג, וועלכער דערנענטערט זיך צו דער סטאַנציע, הייבט אָן צו טאָרמאָזירן און זיין געשווינטקייט פאַלט גלייכמעסיק ביז 0 אין דער אָנגעגעבענער צייט: **א)** פון 36 מ: סעק. אין 8 סעק. **ב)** פון 273 מ: סעק. אין 2 מינ. 10 סעק. **ג)** פון 187 מ:סעק. און 51 סעק. **ד)** פון 247 מ:סעק. אין 95 סעק.; אויכרעכענען פאַר יעדער אויפגאַבע די פאַרלאַנגזאַמונג און מ:סעק, די מיטלמעסיקע געשווינטקייט פאַר דער צייט פון טאָרמאָזירן; די שטרעקע, וואָס דער צוג גייט דורך פאַר דער צייט פון טאָרמאָזירן; די געשווינטקייט פון צוג אין 20 סעק. אַרום נאָכן אָנהייבן טאָרמאָזירן. (ווייטערדיקע אויפגאַבעס צום סוף פון קאַפּיטל).

§ 17 **גראַפישע באַצייכענונג פון באַוועגונג.** אין פאַרשיידענע פיזיקאַלישע אויפגאַבעס קומט אונדז אויס פאָרצושטעלן אַ באַוועגונג **גראַפיש, ד. ה. צייכנעריש.** אַזוי ווי יעדע גראַדליניקע באַוועגונג האָט אַ געוויסע ריכטונג און אַ געוויסע געשווינטקייט, ווערט די געשווינטקייט באַצייכנט זייער געלונגען דורך אַ גראָדער שטרעקע: די לענג פון דער שטרעקע (אין אַ געגעבענעם מאַשטאַב) ווייזט די גרויס פון דער געשווינטקייט(אין מ: סעק.), די ריכטונג פון דער שטרעקע צו אַ צווייטער געגעבענער ריכטונג (ליניע) ווייזט די ריכטונג פון דער באַוועגונג.

זאָגן מיר, צ. ב., אַז אַ קערפּער באַוועגט זיך מיט אַ געשווינטקייט פון 5 מ:סעק. צו צפון-מזרח, פון אַ פונקט A, גיבן מיר אָן דידאָזיקע באַוועגונג גראַפיש אַזוי ווי אויף דער צייכ. 8: דורכן פונקט A ציען מיר

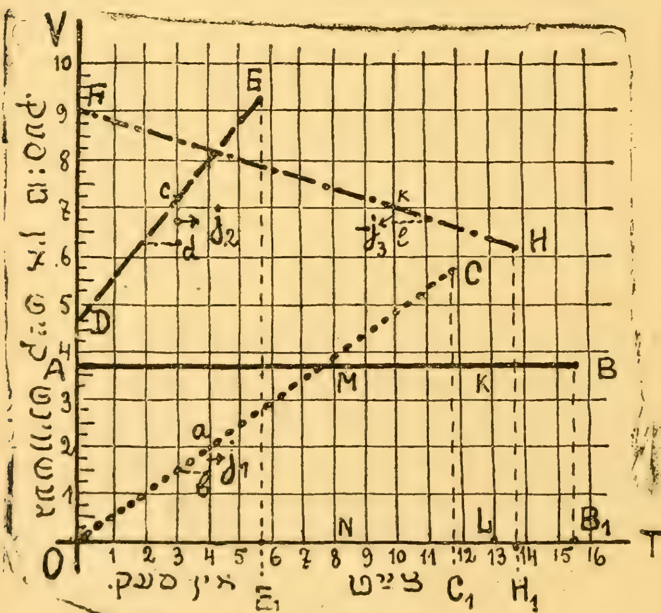
די 4 הימל־ריכטונגען, ציען דערנאָך די גראָדע צווישן מזרח און צפון און לייגן אויף איר אָפּ נאָכאַנאַנד 5 וועלכע עס איז גלייכע שטרעקעס, אָנהייבנדיק פון A, לויט וועלכן עס איז מאַשטאַב (אויף דער צייכ. 1 ממ. גלייך 1 מ: סעק). די שטרעקע AB גיט אונדז אין די ריכטונג און די געשווינטקייט פון דער באַהאַנדלטער באַוועגונג. אויף דער צייכענונג דאַרפן מיר אָנגעבן דעם מאַשטאַב פון דער געשווינטקייט אָדער אויך מיט אַ שטרעקע, אָדער מיט ווערטער. צ. ב. אַזוי: 1 ממ. מאַכט אויס 5 מ: סעק. א. א.



צייכ. 8

די ריכטונג פון דער באַוועגונג קען אָנגעגעבן ווערן נישט לויט די הימל־ריכטונגען נאָר בכלל דורך אַ וועלכן עס איז ווינקל צו אַ באַשטימטער ליניע. די צייט גיבן מיר אָן גראַפיש, ד. ה. צייכנעריש אויך דורך אַ שטרעקע.

ביידע גרויסן צוזאַמען, סיי די געשווינטקייט, סיי די צייט ווערן געצייכנט אַזוי ווי אויף צייכ. 9: אויף געקעסטלטע פּאַפּיר צייכענען מיר צוויי פּערפּענדיקולערע אַקסן: אַ האָריזאָנטאַלע (OT) און אַ ווערטיקאַלע (OV). אויף דער האָריזאָנטאַלער אַקס לייגן מיר אָפּ די צייט און אַ געוויסן



צייכ. 9

מאַשטאַב (צ. .ב 1 סעק. גלייך 4 ממ.) די געשווינטקייט אין יעדן מאָמענט ווערט אָפּגעלייגט אויך אין אַ מאַשטאַב (צ. ב. 1 מ: סעק. גלייך 6 ממ.) אויף די פּערפּענדיקלען צו OT פּאַראַלעלע צו OV אין פּונקט פון יעדן מאָמענט. אַזוי אַרום וועט די גראַדע AB, וואָס גייט פּאַראַלעל צו OT, ווייזן אַ גלייכמעסיקע באַוועגונג מיט אַ געשווינטקייט פון 5 מ: סעק. (AO=MN=KL א. א. וו.); די גראַדע OC, וואָס גייט דורכן פּונקט O, ווייזט אַ גלייכמעסיק-פאַרשנעלערטע באַוועגונג, אָנהייבנדיק פון דער געשווינטקייט נול, ווייל די פּערפּענדיקלען פון די צייטפּונקטן ביז OC ווערן אַלץ גרעסער און אויף דערזעלביקער מאָס; די גראַדע DE ווייזט אַ גלייכמעסיק-פאַרשנעלערטע באַוועגונג, אָנהויבנדיק פון דער געשווינטקייט 7 מ: סעק.; די גראַדע FG ווייזט אַ גלייכמעסיק-פאַרלאַנגזאַמטע באַוועגונג, אָנהייבנדיק פון דער געשווינטקייט (OF) גלייך 7 מ: סעק (פאַרלאַנגזאַמונג גלייך kl).

דער וועג דריקט זיך אויס דורך דעם פּראָדוקט פון געשווינטקייט אויף צייט. אַזוי ווי סיי די געשווינטקייט, סיי די צייט ווערן באַצייכנט דורך שטרעקעס און אַ פּראָדוקט פון שטרעקעס ווייזט געאָמעטריש אַ שטח, וועט דער וועג, וואָס דער קערפּער גייט דורך, געמאָסטן ווערן דורכן **שטח** פון דער פיגור, וואָס באַקומט זיך צווישן דער אַקס OT און דער גראַדער פון דער געשווינטקייט: דער שטח פון רעכטעק AKLO וועט ווייזן (אין אָנגענומענעם מאַשטאַב) דעם וועג וואָס דער קערפּער איז דורכגעגאַנגען פאַר דער צייט OL (13 סעק) מיט דער געשווינטקייט OA (3,75 מ: סעק).

דער מאַשטאַב פון וועג וועט זיין אַזאַ: אויב 1 סעק. איז גלייך 4 ממ. און 1 מעט: סעק גלייך 6 ממ., איז 1 מ. וועג גלייך 6×4 דאָס איז 24 קוו. ממ; אַזוי אַרום וועלן יעדע 24 קוו. ממ. שטח ווייזן 1 מ. וועג. דער שטח פון דרייעק OCC_1 ווייזט דעם וועג, וואָס דער קערפּער איז דורכגעגאַנגען פאַר דער צייט OC_1 (11,7 סעק), אָנהייבנדיק פון דער געשווינטקייט נול, באַ דער געשווינטקייט צום סוף CC_1 (5,75 מ: סעק).

אויפגאַבע. דערוויז אויף דער צייכ. 9, אַז די זאַצן וועגן גלייכמעסיקער און גלייכמעסיק-פאַרשנעלערטער (אָדער פאַרלאַנגזאַמטער) באַוועגונג לאָזן זיך אַרויסדרינגען אויף פון דער צייכענונג דערוויז אַז:

1) פאַרשנעלערטע באַוו.) $V_1=V_0+j_t$; $EE_1=DO+(cd\times t)$

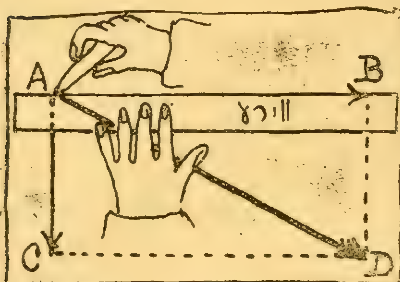
2) " " $V_1=j_t$; $(CC_1=ab\times t)$

3) (פאַרלאַנגזאַמטע באַוו.) $V_1=V_0-jt$; $(GG_1=OF-kl\times t)$

4) (פאַרלאַנגזאַמטע באַוו.) $S=(V_0+V_1)\,t:2$ (שטח פון טראַפּעציע $ODEE_1$)

5) „ „ $S=jt^2:2$ (שטח פון דרייעק OCC_1)

§ 18 **צונויפלייגונג פון געשווינטקייטן.** אין אַ סך דערשיינונגען זעען מיר, אַז אַ קערפּער מאַכט גלייכצייטיק צוויי באַוועגונגען. ווען אַ מענטש, צ. ב. באַוועגט זיך אין אַ וואַגאָן פון אַ לויפנדיקן צוג, מאַכט זיין קערפּער גלייכצייטיק דורך צוויי באַוועגונגען: איינע איבערן דיל פון וואַגאָן און די צווייטע מיטן וואַגאָן איבער דער ערד. נאָך אַן איינפאַכערער ביישפּיל: צום טאָוול פון קלאַס איז צוגעשטעלט האָריזאָנטאַל אַ ווירע (צייכ. 10), דעם שטיקל קרייד באַוועגט מען לענגאויס דעם קאַנט פון ווירע, פון A צו B אונגלייכצייטיק באַוועגט מען דער ווירע פּאַראַלעל אַראָפּצו פון A צו C. דער שטיקל קרייד וועט מאַכן צוויי באַוועגונגען: פון A צו B און פון A צו C. די וואָס זיצן אויף די בענק אין קלאַס זעען, אַז דער שטיקל קרייד מאַכט נאָר איין גראָדליניקע באַוועגונג: פון A צו D, וועלכע באַקומט זיך פון די צוויי.



צייכ. 10

אין יעדער פון די ריכטונגען AB און AC באַזונדער קען זיך דער שטיקל קרייד באַוועגן מיט אַ באַליביקער געשווינטקייט, אָבער אין דער ענדגילטיקער ריכטונג AD וועט ער זיך שוין באַוועגן מיט אַ באַשטימטער געשווינטקייט, וועלכע איז אָפּהענגיק פון די צוויי פריערדיקע געשווינטקייטן און דעם ווינקל CAB צווישן זיי.

די געשווינטקייטן פון די (צוויי) איינצלבאַוועגונגען, מיט וועלכע אַ קערפּער באַוועגט זיך, הייסן **קאָמפּאָנענטע** (צונויפגעשטעלטע) געשווינטקייטן, די געשווינטקייט פון דער ענדגילטיקער באַוועגונג, וועלכע באַקומט זיך פון די (צוויי) איינצלבאַוועגונגען, הייסט **רעזולטאַנטע** געשווינטקייט (**מיטלגעשווינטקייט**). געפינען די רעזולטאַנטע געשווינטקייט פון צוויי (אָדער מער) איינצלגעשווינטקייטן הייסט **צונויפלייגן** דידאָזיקע געשווינטקייטן.

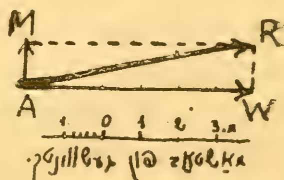
ווי לעגט מען צונויף צוויי קאָמפּאָנענטע געשווינטקייטן? לאָמיר ווייטער באַטראַכטן די באַוועגונג פון שטיקל קרייד. די שטרעקע AB לאָמיר

אָננעמען, גראַפיש פאַר דער געשווינטקייט אין 1 סעק. אין דער ריכטונג AB, איז די געשווינטקייט אין דער ריכטונג CD. וואָלט די ווירע זיך נישט באַוועגט אין דער ריכטונג AC, דאַן וואָלט אין אַ סעקונדע אַרום די שטיקל קרייד געווען אין פונקט B; אָבער ווייל די ווירע באַוועגט זיך גלייכצייטיק אויך אין דער ריכטונג AC וועט די שטיקל קרייד שוין אויסקומען נישט אין B נאָר אַראָפּגעטראָגן **פּאַראַלעל** צו AC אין פונקט D. אַזוי-אַרום וועט די שטיקל קרייד אַרויסגיין פון פונקט A און קומען אין אַ סעקונדע אַרום אין פונקט D, ד. ה. איר געשווינטקייט פאַר דער סעקונדע וועט זיין די שטרעקע AD. דער פירעק ABDC איז אַ **פּאַראַלע-לאַגראַם** (AC=BD און BD ∥ AC), און AD — די **דיאַגאָנאַלע** זיינע. דער-פון דרינגען מיר, אַז

די רעזולטאַנטע פון צוויי קאָמפּאָנענטע געשווינטקייטן, וועלבע שניידן זיך, באַקומט זיך לויט איר גרויס און ריכטונג פון דער דיאַגאָנאַלע פון פּאַראַלעלאָגראַם, וועלכער איז אויפגעשטעלט געאָמעטריש פון די קאָמפּאָנענטע געשווינטקייטן.

אַזוי ווי די קאָמפּאָנענטע געשווינטקייטן ווערן גראַפיש באַצייכנט דורך שטרעקעס, קענען מיר פון דידאָזיקע צוויי געגעבענע שטרעקעס און דעםווינקל צווישן זיי אויפשטעלן אַ פּאַראַלעלאָגראַם און זיין דיאַגאָנאַלע וועט אונדז געבן די גרויס (אין דעמזעלביקן מאַשטאַב ווי די קאָמפּאָנענטעס) פון דער רעזולטאַנטער געשווינטקייט. דער ווינקל צווישן דער דיאַגאָנאַלע און אַ וועלכער עס איז קאָמפּאָנענטע וועט אונדז ווייזן אויך די ריכטונג פון דער רעזולטאַנטע.

ביישפּיל 1. אין אַ וואַגאָן פון אַ צוג, וואָס לויפט מיט אַ געשווינטקייט פון 6 מ:סעק, באַוועגט זיך אַ מענטש פּערפּענדיקולער צו דער ריכטונג פון די שינעס מיט אַ געשווינטקייט פון 1,2 מ:סעק; געפינען די געשווינטקייט און די ריכטונג פון דעם מענטשנס באַוועגונג אַנטקעגן דער ערד, ד. ה. די שינעס. מאַכן מיר אַ צייכענונג ווי צייכ. 11: פון אַ פונקט A לייגן מיר אָפּ אין אָנגענומענעם מאַשטאַב 6 לענג-מאָסן און באַקומען די שטרעקע AW די געשווינטקייט פון וואַגאָן; פּערפּענדיקולער צו AW ציען מיר די שטרעקע AM אין זעלביקן מאַשטאַב — די געשווינטקייט פון מענטשן; דורך W ציען מיר



צייכ. 11

אַ פּאַראַלעלע צו AM, דורך M — אַ פּאַראַלעלע צו AW און מיר באַקו. מען דעם פּאַראַלעלאגראַם AMRW; די דיאַגאָנאַלע AR, געצויגן פון זעלביקן פּונקט A, וואָס ביידע קאָמפּאָנענטעס, ווייזט אונדז אין אָנגענומענעם מאַשטאַב די גרויס פון דער רעזולטאַנטע (אויף דער צייכ. קומט אַרויס 6,1 מ:סעק.); דער ווינקל WAR, אויסגעמאָסטן אין גראַדן, ווייזט אונדז די ריכטונג פון דער רעזולטאַנטער געשווינטקייט אַנט-קעגן די שינעס פון דער באַן. אַזוי ווי WR=AM און די פיגור AWR איז אַ דרייעק, וועט זיין AW+WR ד. ה. AW+AM גרעסער פון AR און AW—AM קלענער פון AR ד. ה.

ווען צוויי קאָמפּאָנענטע געשווינטקייטן ליגן נישט אויף איין גראָדער איז די רעזולטאַנטע געשווינטקייט זייערע שטענדיק קלע-נער פון זייער סומע און גרעסער פון זייער דיפערענץ, (ווייל זיי בילדן אַלע דריי אַ דרייעק).

אָנשטאָט אויפצושטעלן דעם פּאַראַלעלאגראַם פון געשווינטקייטן AMWR וואָלטן מיר געקענט אויפשטעלן נאָר דעם **דרייעק פון די געשווינט-קייטן** AWR אַזוי: פון אַ פּונקט A ציען די שטרעקע AW (אין אָנגע-נומענעם מאַשטאַב), פון דעם ענדפּונקט W פון דער ערשטער קאָמפּאָ-נענטע ציען לויט דער געגעבענער ריכטונג (פון אונדזער אויפגאַבע: פּער-פּענדיקולער) די צווייטע קאָמפּאָנענטע WR (אין זעלביקן מאַשטאַב), דער-נאָך פאַראייניקן **דעם אָנהויב** (A) **פון דער ערשטער קאָמפּאָנענ-טע מיטן סוף** (R) **פון דער צווייטער** און מיר וואָלטן באַקומען די זעלביקע רעזולטאַנטע (AR). אַזוי וועלן מיר ווייטער שטענדיק מאַכן.

זעלבספאַרשטענדלעך, אַז די רעזולטאַנטע קען מען אויך אויסרעכענען געאָמעטריש ווי די זייט פון אַ דרייעק.

ביישפּיל 2. אין אַ וואַגאָן פון אַ צוג וואָס לויפט מיט אַ געשווינט-קייט פון 5,6 מ:סעק, באַוועגט זיך אַ מענטש אין דערזעלביקער ריכטונג ווי דער צוג מיט אַ געשווינטקייט פון 0,8 מ:סעק; געפינען די געשווינט-קייט פון דעם מענטשנס באַוועגונג אַנטקעגן דער ערד. מאַכן מיר אַזוי: (צייכ. 12). פון אַ פּונקט A לייגן מיר אָפּ אין אָנגענו-מענעם מאַשטאַב 5,6 לענג-מאָסן און באַקומען די שטרעקע AW; פון פּונקט W, דעם

צייכ. 12

ענדפונקט פון דער ערשטער קאָמפּאָנענטע, לייגן מיר אָפּ די צווייטע קאָמפּאָנענטע WM (אין זעלביקן מאַשטאַב), די שטרעקע AM, ד. ה. פון אָנהויב פון דער ערשטער קאָמפּאָנענטע ביזן סוף פון דער צווייטער, ווייזט אונדז די רעזולטאַנטע געשווינטקייט. פון דער צייכ. איז קלאָר, אַז:

די רעזולטאַנטע פון צוויי קאָמפּאָנענטע געשווינטקייטן, וועלכע גייען אויף איין גראָדער און דעם איין אויף האָבן דיזעלביקע ריכטונג, איז גלייך צו דער סומע פוןביידע קאָמפּאָנענטעס און האָט דיזעלביקע ריכטונג.

אין דער אמתן: אויב, צ. ב. דער וואַגאָן וועט זיך אין אַ סעקונדע צייט אָפּרוקן פון אַ פונקט אויף דער ערד אויף 5,6 מעטער און דער מענטש אין וואַגאָן וועט זיך אָפּרוקן אין דערזעלביקער ריכטונג אויף 0,8 מעטער פאַר דערזעלביקער צייט, וועט דער מענטש אויסקומען אָפּגערוקט פון דעם פונקט פון דער ערד אויף 5,6+0,8 גלייך 6,4 מ.

עס איז קלאָר, אַז ווען דער מענטש וואָלט זיך באַוועגט אויף דער-זעלביקער גראַדער, וואָס דער וואַגאָן, נאָר אין דער פאַרקערטער ריכטונג, וואָלטן מיר אָפּגעלייגט ווי פריער AW (צייכ. 12) און פון פונקט W צו-ריק די שטרעקע WM, אַזוי אַז די רעזולטאַנטע וואָלט אויסגעקומען AM ד. ה. AW—WM; אַזוי אַז:

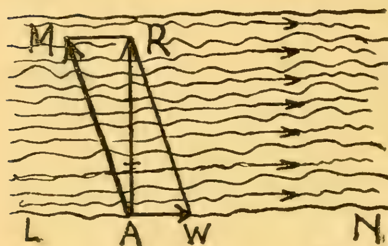
די רעזולטאַנטע פון צוויי קאָמפּאָנענטע געשווינטקייטן, וועלכע גייען אויף איין גראַדער אין אַנטקעגנדיקע ריכטונגען, איז גלייך צו דער דיפערענץ פון ביידע קאָמפּאָנענטעס און האָט די ריכטונג פון דער גרעסערער.

אויפגאַבעס. 1) אַ טייך פליסט מיט אַ געשווינטקייט פון 1,2 מ: סעק; אַ דאַמפער, וועלכער באַוועגט זיך אין אַ שטייענדיקן וואַסער מיט אַ געשווינטקייט פון 20 קמ: ש, פאָרט אָפּ מיטן וואַסער אַ שטרעקע פון 65 קמ. און דערנאָך צוריק; וויפל צייט וועט געדויערן דער פאָרן, אויב ער פאַרהאַלט זיך אויפן וועג 2 מאָל צו 25 מינוט: 2) אַ פּאַסאַזשיר-צוג לויפט מיט אַ געשווינטקייט פון 45 קמ: ש; אים אַנטקעגן, אויף אַ צווייטער פּאַראַלעלער שינע, קומט אָן אַ משא-צוג מיט אַ געשווינטקייט פון 30 קמ: ש; די לענג פון משא-צוג באַטרעפט 150 מ; ווי לאַנג וועט אַ מענטש, וואָס זיצט אין פּאַסאַזשיר-צוג, זעען פאַרבייגלויפן דעם משא-צוג? 3) אַ שיף באַוועגט זיך איבערן טייך אין דער ריכטונג פון צפון צו

דרום מיט אַ געשווינטקייט פון 24 קמ: ש; דער וואַסער טראָגט אים אָפּ אין דער ריכטונג פון מזרח צו מערב מיט אַ געשווינטקייט פון 15 קמ: ש; געפינען די גרויס און די ריכטונג פון דער רעזולטאַנטער געשווינטקייט.

§ 19 **פונאנדערלייגונג פון געשווינטקייטן.** אָפטמאָל קומט אונדז אויס צו באַטראַכטן אַ געגעבענע באַוועגונג ווי אַ רעזולטאַנטע פון צוויי קאָמפּאָנענטעס און מיר דאַרפן געפינען דידאָזיקע קאָמפּאָנענטעס.

געפינען איינע, אָדער ביידע קאָמפּאָנענטע געשווינטקייטן לויט דער געגעבענער רעזולטאַנטער געשווינטקייט הייסט **פונאנדערלייגן** די געגעבענע געשווינטקייט.



צייכ. 13

לאָמיר נעמען אַביישפּיל: (צייכ. 13) שיפל דאַרף איבערשווימען אַ טייך אין דער ברייט, פּערפּענדיקולער צום ברעג, מיט אַ געשווינטקייט פון 3 מ: סעק; די געשווינטקייט פון וואַסער אין טייך באַטרעפט 0,6 מ: סעק; מיט וואָס פאַר אַ געשווינטקייט און אין וועלכער ריכטונג דאַרף רודערן דער שיפער, כדי דאָס אויסצופירן? (צייכ. 13) פון אַ פונקט A אויף דער גראַדער LN, וועלכע באַצייכנט דעם ברעג, ציען מיר אַ פּערפּענדיקל AR צו LN און לייגן אָפּ אין אַ מאַשטאַב 3 גלייכע מאָסן דאָס וועט זיין די געגעבענע רעזולטאַנטע פון די געשווינטקייטן פון טייך און שיפער; איצט ציען מיר די געגעבענע קאָמפּאָנענטע AW פּערפּענדיקולער צו AR, אַזוי, אַז AW זאָל באַטרעפן 0,6 פון דער אָנגענומענער מאָס; מיר פאַרייניקן די פונקטן W און R און באַקומען, אַז די געזוכטע קאָמפּאָנענטע וועט זיין WR, וועלכע קומט אויס, לויטן אָנגענומענעם מאַשטאַב, באַ 3,05 מ: סעק; מיט אַ ווינקל AWR צום ברעג. הייסט עס: אויב דער שיפער וועט זיך פאַרנעמען אין דער ריכטונג AM (פּאַראַלעל צו WR) פון אַ פונקט A און וועט רודערן מיט אַ געשווינטקייט פון 3,05 מ: סעק וועט זיך דער שיפל באַוועגן פּערפּענדיקולער צום ברעג (ווייל דער טייך טראָגט אים אַלעמאָל אָפּ) און מיט דער געוואונטשענער געשווינטקייט פון 3 מ: סעק.

באַטראַכטנדיק דעם דרייעק AWR (צייכ. 13), זעען מיר, אַז באַם פונאַנדערלייגן אַ רעזולטאַנטע אין 2 קאָמפּאָנענטעס קומט אויס אויפצושטעלן אַ דרייעק. אויפשטעלן אַ דרייעק קענען מיר נאָר דאַן, ווען מען גיט אונדז, אויסער דער רעזולטאַנטע (AR) נאָך צוויי געגעבענע, נעמלעך:

אָדער 1) איין קאָמפּאָנענטע און איר ריכטונג (ווי אין דער באַטראַכטער אויפגאַבע) און מיר געפינען די גרויס און די ריכטונג פון דער צווייטע־ קאָמפּאָנענטע; אָדער 2) די ריכטונגען פוןביידע קאָמפּאָנענטעס און מיר געפונען זייערע גרויסן, אָדער 3) די גרויסן פון ביידע קאָמפּאָ- נענטעס און מיר געפינען זייערע ריכטונגען. אַזוי צ. ב. וואָלט מען אונדז געקענט געבן אין דערזעלביקער אויפגאַבע די ריכטונגען פון AW און AM און מיר וואָלטן געפינען זייערע גרויסן (אין זעלביקן מאַשטאַב, ווי מיר האָבן אָפּגעלייגט AR) ציענדיק פון R די גראדעס RM פּאַראַלעל צו AW און RW פּאַראַלעל צו AM; מען וואָלט אונדז אויך געקענט געבן : פּ גרויסן פון AW און AM, דאַן וואָלטן מיר אויפגעשטעלט דעם דרייעק AWR און געפונען די ריכטונג פון AW און WR לגבי AR.

זעלבספאַרשטענדלעך, אַז די אויפגאַבעס פון פונאַנדערלייגן געשווינט- קייטן קען מען לייזן דורך געאָמע ר שע אויסרעכענונגען אויך.

אויפגאַבע. אַ שווימער, וועלכער שווימט אין אַ שטייענדיקן וואַ- סער מיט אַ געשווינטקייט פון 2,5 קמ:ש, שווימט איבער אַ טייך פון 240 מ. די ברייט, קירצווענדיק זיך פּערפּענדיקולער צום ברעג; די געשווינט- קייט פון וואַסער באַטרעפט 1,2 מ:סעק. געפינען גראַפיש מיט וואָס פאַר אַ געשווינטקייט שווימט ער פּערפּענדיקולער צום ברעג, אויסרעכענען וויפל וועט באַ אים געדויערן איבערצושווימען דעם טייך אין דער ברייט; אויף וויפל מעטער וועט אים דער וואַסער אָפּטראָגן פאַר דער צייט, וואָס ער שווימט. (ווייטערדיקע אויפגאַבעס צום סוף פון קאַפּיטל).

§ 20 אינערציע. קראַפט. מאַסע. די דערפאַרונג לערנט אונדז, אַז קיין שום באַוועגונג קען נישט פאָרקומען אָן אַ וועלכער עס איז סיבה, וועלכע רופט איר אַרויס. דאָסזעלבע איז אויך מיט דער **ענדערונג** פון דער באַוועגונג פון אַ קערפּער. ענדערט זיך די ריכטונג, אָדער געשווינטקייט, פון דער באַוועגונג פון אַ קערפּער דאַן טראַכטן מיר, אַז אַ געוויסע סיבה האָט עס אַרויסגערופן.

דעמדאָזיקן געדאַנק האָט אַרויסגעבראַכט אין דער וויסנשאַפט צום ערשטן **גאַלילעי** אין אַזאַ פאָרעם:

יעדער קערפּער פארבלייבט (גאַרט) אין זיין צושטאַנד פון רו, אָדער אין זיין צושטאַנד פון גראַדלייניקער און גלייכמעסי- קער באַוועגונג, כל זמן א וועלכע עס איז סיבה ענדערט נישט דעמדאָזיקן צושטאַנד.

דידאָזיקע אייגנשאַפט פון ק רפערס הייסט **אינערציע** און דער אַרויסגעבראַכטער זאַץ — **דער געזעץ פון אינערציע.**



גאַלילעא גאַלילעי

1642—1564, איטאַליענישער געלערנטער, גרינדער פון דער מעכאַניקע, גרויסער פאַרטיידיקער פון דער טעאָריע, אַז די ערד דרייט זיך אַרום דער זון און נישט פאַרקערט.

די סיבה, וועלכע ענדערט דעם רו-צושטאַנד, אָדער דעם באַוועגונגס-צושטאַנד פון אַ קערפער, אָדער שטרעבט זיי צו ענדערן, הייסט **קראַפט.**

אַזוי - אַרום, ווען אויף אַ קערפער ווירקט קיין שום קראַפט, קען זיך דער קערפער געפינען אָדער אין צושטאַנד פון רו, אָדער אין גראַדלינקער און גלייכמעסיקער (אייביקער) באַוועגונג. וויבאַלד אָבער אַ רוענדיקער קערפער קומט אין באַוועגונג, אָדער אַ גראָדליניק און גלייכמעסיק זיך באַוועגנדיקער קערפער ענדערט די גראַדליניקייט, אָדער גלייכמעסיקייט, אָדער ביידע זאַכן צוזאַמען, פון זיין באַוועגונג, אַזוי האָבן מיר שוין צו טון מיט דער ווירקונג פון אַ קראַפט, וועלכע האָט אַרויסגערופן דער ענדערונג. אַ קרומליניקע און אומגלייכמעסיקע באַוועגונג קען נישט פאָרקומען אָן דער ווירקונג פון אַ קראַפט.

די ווירקונג פון אינערציע זעען מיר אויף יעדן טריט: ווען מיר לויפן זיך פונאַנדער איז אונדז שווער זיך אָפצושטעלן מיטאַמאָל, אַ דאַנק דער אינערציע פון אונדזער קערפער, ד. ה. זיין שטרעבונג צו בלייבן אין באַוועגונג; ווען אַ קערפער רוט, דאַרפן מיר אָנווענדן אַ געוויסע אָנשטרענגונג, כדי אים צו ברענגען אין באַוועגונג, כדי צו איבערשטאַרקן זיין אינערציע — ד. ה. זיין שטרעבונג צו בלייבן רוען.

אַ דאַנק דער אינערציע, פאָדערט זיך אַ געוויסע צייט, כדי אַ קראַפט זאָל ענדערן דעם רו-צושטאַנד, אָדער באַוועגונגס-צושטאַנד, פון אַ קערפער. איז די צייט, וואָס די קראַפט ווירקט צו קורץ, דאַן קומט קיין באַוועגונג נישט פאָר. ווען צ. ב. אַ פערד זאָל צו-

שטאַרק אַ צי טון דעם אָנגעלאָדענעם וואָגן, קען ער זיך אָפּרייסן פון אים, ווייל ער ווירקט. דערביי אַ צו קורצע צייט.

קרעפטן קענען זיין גרעסער און קלענער. דאָס זעען מיר פון דעם, וואָס איין און דערזעלבער קערפער קען זיך באַוועגן מיט פאַרשיידענע געשווינדקייטן, ווען מען גיט אים אַ שטויס מיט פאַרשיידענע קרעפטן. כדי צו מעסטן אַ קראַפט, דאַרף מען איר פאַרגלייכן מיט אַ צווייטער קראַפט. צום באַקוועמסטן איז צו פאַרגלייכן יעדע קראַפט מיט דער שווערקראַפט ד. ה. דער צוציונגס-קראַפט פון דער ערד.

פאַר אַ מאָס פון קראַפט ווערט גענומען דער **קילאָגראַם** (קג), ד. ה. די קראַפט, מיט וועלכער די ערד ציט צו אַ ליטער ריינע דעסטילירטע וואַסער בײַ 4 גראַד וואַרעמקייט.

ווילן מיר אַ רוענדיקן קערפער ברענגען אין באַוועגונג, דאַן דאַרפן מיר איבערשטאַרקן זיין רו-אינערציע, ד. ה. די שטרעבונג צו בלייבן אין רו. וואָס מער שטאָף דער קערפער פאַרמאָגט, וואָס שווערער ער איז, אַלץ גרעסער וועט זיין דער ווידערשטאַנד זיינער אַנטקעגן דער באַוועגונג.

דער ווידערשטאַנד, וואָס אַ רוענדיקער קערפער שטעלט אַנטקעגן דער באַוועגונג, הייסט די **מאַסע** פון דאָזיקן קערפער.

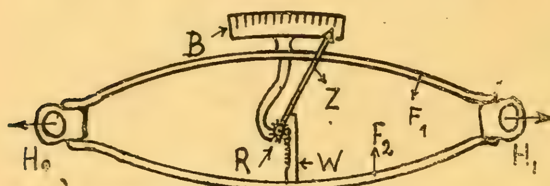
וואָס גרעסער די מאַסע פון קערפער איז, אַלץ גרעסער איז זיין וואָג, אָבער די מאַסע פון אַ קערפער איז נישט דאָסזעלבע וואָס די וואָג זיינע. אַ געוויכט פון 1 קג. צ. ב. וועגט אויף דער ערד 1 קג.; זאָל מען אים אָפּוועגן (מיט אַ פעדער וואָג) הויך איבער דער ערד, אויף אַן אַעראָפּלאַן, צ. ב. וועט ער וועגן ווייניקער, ווייל די ערד ציט אים צו שוואַכער, אָבער די מאַסע פון דעם קערפער וועט זיך נישט ענדערן, ווו ער וועט זיך נישט געפינען.

די מאַסעס פון צוויי קערפערס זיינען פּראָפּאָרציאָנעל צו זייערע וואָגן: אין איין און דעמזעלבן אָרט אויף דער ערד וועט די מאַסע פון איין קערפער זיין מיט אַזוי פיל מאָל קלענער (אָדער גרעסער) פון דער מאַסע פון צווייטן, מיט וויפל מאָל ער וועגט ווייניקער (אָדער מער) פון צווייטן. **די וואָג פון אַ קערפער ווייזט, מיט וואָס פאַר אַ קראַפט די ערד ציט אים צו, די מאַסע פון אַ קערפער ווייזט דעם סך שטאָף וואָס ער פאַרמאָגט.**

וואָס גרעסער די מאַסע פון אַ קערפער איז, אַלץ גרעסער איז די אינערציע פון זיי רו-צושטאַנד. די אינערציע פון באַוועגונגס-צושטאַנד ווענדט

זיך שוין סיי אָן דער מאַסע, סיי אין דער געשווינטקייט פון קערפּער: זי שטייגט סיי מיט דער מאַסע, סיי מיט דער געשווינטקייט.

צום מעסטן גרעסערע קרעפטן באַנוצט מען אינסטרומענטן, וועלכע הייסן **דינאַמאָמעטערס**, ד. ה. קראַפטמעסטערס. אַזאַ איינעם זעען מיר אויף דער צייכנונג 15: צווישן צוויי שטאָלענע אויסגעבויגענע פּעדערס F_1 און F_2 איז באַפעסטיקט אַ צאָן-רעדל R, וועלכער שליסט זיך מיט אַ צאָן-ווירע W; ציט מען פאַר די האַקנס H_1 און H_2, דאַן ווערן די פּעדערס פלאַכער, זיי דערנענטערן זיך צווישן זיך, רוקן צונויף דעם רעדל מיט דער ווירע, דער צאָן-רעדל דרייט זיך איבער דער צאָן-ווירע און נעמט מיט דעם ווייזער Z, וועלכער ווייזט אויפן ציפערבלאַט B די צאָל קג. פון דער קראַפט, וואָס ציט פאַר די האַקנס. הערט אויף די קראַפט צו ווירקן, גלייכן זיך די פּעדערס אויס צוריק און דער ווייזער שטעלט זיך איין אויפן נול פון ציפערבלאַט.

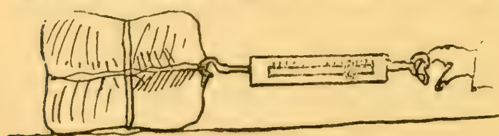


צייכ. 15

כדי אָנצושרייבן די ציפערס אויפן ציפערבלאַט, ווערט דער דינאַמאָמעטער אויפגעהענגט פאַר איין האַקן און צום צווייטן ווערן צוגעהאַנגען נאָכאַנאַנד געוויכטן 1, 2, 3 א. אַז. וו. קג. ביי יעדער געוויכט נעמט אָן דער ווייזער אַ נייע לאַגע, בײַ וועלכער מען שרייבט אָן די געהעריקע ציפער.

אַזאַ מאַרקירונג פון ציפער אויף אַן אַפּאַראַט, וועלכער דינט צו מעסטן אַ וועלכע עס איז גרויס, הייסט **גראַדוירונג** פונם מעסט-אַפּאַראַט. די גראַדוירונג ווערט געברויכט בײַ די פאַרשיידנסטע אַפּאַראַטן צום מעסטן כּלערליי גרויסן.

צום מעסטן קלענערע קרעפטן קען אונדז דינען אַ פּעדער-וואָג (קאַנטאָר) צייכ. 16: כדי צו וויסן צ. ב. וואָס פאַר אַ קראַפט מיר דאַרפן פאַרווענדן, כדי צו שלעפּן אַ פּאַק איבערן דיל, פאַרכאַפּן מיר דעם פּאַק מיטן האַקן און מיר ציען פאַרן רינג ביז דער פּאַק קומט אין אַ גלייכ-



צייכ. 16

מעסיקער באַוועגונג; דער צינגל פון קאַנטאָר וועט ווייזן וויפל קג. קראַפט מיר ברויכן צום שלעפן.

פראַגעס. דערקלער פאָלגנדיקע דערשיינונגען: 1) כדי איבערצושפרינגען אַ גרוב, לויפן מיר זיך אַפריער פונאַנדער; איבערשפרינגען די גרוב גלייך פון ראַנד אירן איז שווערער; 2) אַ ציקליסט טרייבט פונאַנדער דעם ראָווער און דערנאָך פאָרט ער ווייטער שוין נישט דרייענדיק די פעדאַלן; 3) כדי אַרויפצוזעצן אַ קעפל פון אַ האַמער אויפן הענטל, שטעקט מען אַרויף די קעפל נישט טיף און אָדער מען קלאַפט לענג-אויס דער הענטל, אָדער מען וויגט פונאַנדער די האַנט און מען קלאַפט מיטן הענטל אָן עפעס אַ האַרטן געגנשטאַנד; 4) דער האָלץ-העקער וויגט פונאַנדער די האַנט מיט דער האַק, איידער ער גיט דעם קלאַפ איבערן האָלץ; ווען און צו וואָס קצרט ער איבער דער האַק אַראָפצו, כדי צו שפאַלטן דאָס האָלץ? 5) באַוועגט מען אַ נאַסן פענדזל לאַנגזאַם, בלייבט אין אים די וואַסער, גיט מען אים אַ שטויס מיט אַמאָל — שפריצט פון אים אַראָפ די וואַסער; 6) דעם שטויב פון זאַכן קלאַפט מען אַרויס; 7) בשעת אַ צוג שטעלט זיך האַסטיק אָפּ, נייגן זיך די פּאַסאַזשירן אין דער ריכטונג, ווי דער צוג איז געגאַנגען; 8) קוועטשט מען איין אַ שויב, דאַן צעברעכט זי זיך אינגאַנצן, שיסט מען אין איר אַריין מיט אַ קויל, דאַן באַקומט זיך אַ רונדע עפענונג און די שויב אַליין פלאַצט נישט; 9) ווען אַ וואָגן רירט זיך האַסטיק פון אָרט, בייגן זיך אָפּ די פּאָרער אויף הינטן;

10) אַ דינער אייז ברעכט זיך אָפּטמאָל איין, ווען מען שטעלט זיך אויף אים און בלייבט גאַנץ, ווען מען לויפט אים אַריבער געשווינד אויף די גליטשערס.

§ 21 **מאָמענטאַלע און דויערהאפטע קראַפט און זייער ווירקונג.** ווי מיר האָבן געזען, פאָדערט אַ קראַפט אַ געוויסע צייט, כדי איבערצושטאַרקן די אינערציע פון קערפער און אַרויסרופן אַן ענדערונג אין זיין רו-צושטאַנד, אָדער באַוועגונגס-צושטאַנד. ווען די קראַפט שטאַרקט איבער דער אינערציע פון אַ רועונדיקן קערפער און אַלע איבעריקע אָפּהאַלטן, קומט דער קערפער אין באַוועגונג, ווען נישט — בלייבט ער אומבאַוועגלעך.

לויט דער צייט, אין משך פון וועלכער די קראַפט ווירקט אויף אַ קערפער, קען זי זיין: 1) **מאָמענטאַלע קראַפט**, ד. ה. אַזאַ, וואָס איר ווירקונג דויערט אַ קליינעם טייל פון אַ סעקונדע, ווי צ. ב. אַ קלאַפּ, אַ

2) **אַ דויערהאַפטע קראַפט** ווען זי ווירקט אַ לענגערע צייט. שטויס א. אַ.

אַ מאָמענטאַלע קראַפט, ווען זי איז גובר די אינערציע פון רו און די שטערונגען, ברענגט דעם קערפער אין אַ גראדליניקער באַוועגונג מיט אַ געוויסער געשווינטקייט, מיט וועלכער דער קערפער דאַרף זיך באַוועגן אייביק, צוליב דער אינערציע פון באַוועגונג. אויב מיר זעען עס נישט אין דער ווירקלעכקייט איז עס אַ דאַנק די שטערונגען, צ. ב. דער רייבונג אָן דער פלעכע, אויף וועלכער דער קערפער באַוועגט זיך. דידאַקטיקע רייבונג, ווי בכלל די שטערונגען, פאַרשלינגען די באַוועגונגס-אינערציע פון קערפער און צווינגען אים זיך אָפּצושטעלן. ווען אָבער די דאָזיקע שטערונגען זאָלן נישט זיין, מוזן מיר אנערקענען, אַז **אַ דאַנק דער אינערציע פון דער באוועגונג, וועט א מאָמענטאלע קראפט ארויסרופן א גראדליניקע, גלייכמעסיקע** (ד. ה. אויך אייביקע) **באוועגונג פון קערפער, אויף וועלכן זי ווירקט.**

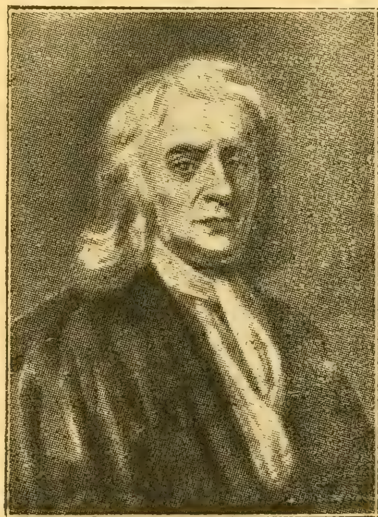
וואָס גרעסער עס וועט זיין די מאַסע פון קערפער, אַלץ גרעסער וועט זיין דער ווידערשטאַנד זיינער אַנטקעגן דער ווירקנדיקער קראַפט, אַלץ קלענער וועט זיין די געשווינטקייט, מיט וועלכער דער קערפער וועט זיך רירן פון אָרט און וועלכער ער וועט שטרעבן צו באַהאַלטן אויף ווייטער, אַ דאַנק זיין באַוועגונגס-אינערציע.

אַ דויערהאַפטע קראַפט קענען מיר באַטראַכטן ווי אַ גאַנצע רייע מאָמענטאַלע קרעפטן, שטייסן, קלעפּ, וועלכע ווירקן נאָכאַנאַנד אָן אויפהער איינער נאָכן אַנדערן. אַ דאַנק דער אינערציע פון באַוועגונג, וועט דער קערפער פאַרהאַלטן די געשווינטקייט פון פריערדיקן שטייס און דער נייער שטייס וועט אים צוגעבן אַ נייע געשווינטקייט, וועלכע וועט פאַרגרעסערן (אָדער פאַרקלענערן, ווען דער נייער שטייס ווירקט אַנטקעגן דעם פריערדיקן) די פריערדיקע. אַזוי אַרום וועט די געשווינטקייט פון קערפער וואַקסן נאָך יעדן שטייס אויף אַ געוויסער מאָס ד. ה. גלייכמעסיק. דערפון דרינגען מיר אַרויס, אַז **אַ דאַנק דער אינערציע פון באוועגונג וועט א דויערהאפטע קראַפט ארויסרופן א גלייכמעסיק פארשנעלערטע באוועגונג פון קערפער, אויף וועלכן זי ווירקט.**

רייבונגען, ווי אויך אַנדערע אָפּהאַלטן, וועלכע דער קערפער באַגעגנט אין זיין באַוועגונג, קענען פאַרשלינגען דער פאַרשנעלערונג, אַזוי, אַז דער קערפער וועט זיך באַוועגן גלייכמעסיק אַפילו פון אַ שטענדיקער

קראַפט. אַזוי צ. ב. זעען מיר, אַז אַ צוג באַוועגט זיך אין זיין פולן גאַנג מער-וויינ‍יקער גלייכמעסיק, ווען אַפילו דער דאַמף אין זיין מאַשינצריע טרייבט אים מיט אַ דויערהאַפטער קראַפט.

§ 22. **דער פרייער אַראָפּפאַל פון קערפּערס.** פּאַר אַ ביישפּיל פון אַ דויערהאַפטער קראַפט קענען מיר נעמען די שווערקראַפט. ווי געזאָגט, באַוועגט זיך אַ קערפּער גלייכמעסיק פאַרשנעלערט אונטער דער ווירקונג פון דויערהאַפטער קראַפט. ווען אַ קערפּער פאַלט אַראָפּ פריי אָן אַ שטייס, ווירקט אויף אים די שווערקראַפט. דאָס איז אַ דויערהאַפטע קראַפט, וועלכע רופט אַרויס אַ באַשטימטע פאַרשנעלערונג אין זיין באַוועגונג. די-דאָזיקע פאַרשנעלערונג פון דער שווערקראַפט אויף דער ערד איז צום ערשטן אויסגערעכנט געוואָרן דורכן ענגלישן געלערנטן און מאַטעמאַטיקער ניוטאָן, וועלכער האָט אויסגעפונען, אַז די פאַרשנעלערונג פון דער שווערקראַפט אויף דער ערד באַטרעפט 9,81 מ: סעק קוואַדראַט, ד. ה. **ווען אַ קערפּער פאַלט אַראָפּ פריי, אָן אַ שטייס וואַקסט צו זיין געשווינטקייט אויף 9,81 מ. אין יעדער סעקונדע.**



אייזאַק ניוטאָן

1643 — 1727, געניאַלער ענגלישער מאַטעמאַטיקער און פיזיקער, וועמען די מענטשהייט האָט צו פאַרדאַנקען וויכטיקע אַנטדעקונגען אין דער פיזיקע.

די-דאָזיקע צאָל ווערט באַצייכנט מיטן בוכשטאַב g.

g=9,81 מ: סעק. קוו.

האָבנדיק דידאָזיקע פאַרשנעלערונג און וויסנדיק, אַז ביים פרייען פאַלן האָט דער קערפּער פון אָנהייב אַ געשווינטקייט נול, קענען מיר אויסרעכענען סיי די צייט, סיי דעם וועג פאַר אַ געגעבענער צייט, סיי דער געשווינטקייט (אין יעדן מאָמענט) פון דער באַוועגונג פון אַ פריי-פאַלנדיקן קערפּער. מיר וועלן פשוט אויסנוצן די פריערדיקע זאַצן פון דער פאַרשנעלערטער באַוועגונג, נאָר אומעטום נעמען די פאַרשנעלערונג גלייך g=9,81 מ: סעק. קוו.

געשווינטקייט נאָך t סעק. פאַלן: 9) $V_t=gt$

די צייט צום דערגרייכן דער געשוו. 10) $t=V_t:g$

די שטרעקע (S) פאַר t סעק. צייט 11) $S=\frac{gt^2}{2}$

די צייט אַראָפּצופאַלן פון דער הויך 12) $t=\sqrt{2S:g}$

ווערט אַ קערפּער אַרופגעוואָרפן ווערטיקאַל אַרויף, מוזן מיר אים געבן, פאַרשטייט זיך, פון אָנהויב שוין אַ באַשטימטע געשווינטקייט (V_o), כדי ער זאָל קענען שטייגן אַרויפצו. דידאָזיקע געשווינטקייט זיינע ווערט פאַרקלענערט יעדע סעקונדע אויף 9,81 מ: סעק. קוו., ווייל די שווערקראַפט וועט אים ציען מיט אַ שטענדיקער קראַפט אַראָפּצו. עס איז קלאָר, אַז דער קערפּער וועט שטייגן אַזוי לאַנג, ביז זיין געשווינטקייט וועט ביסלעכווייז אויפגעגעסן ווערן דורכן g און די צייט פון שטייגן קענען מיר געפינען, טיילנדיק די געשווינטקייט, מיט וועלכער מיר וואַרפן אים אַרויף, דורך g, לויט דער פאָרמולע (10). ווען די געשווינטקייט פון אַראָפּגעוואָרפענעם קערפּער וועט זיך אינגאַנצן אויסשעפּן און וועט זיין גלייך נול, וועט דער קערפּער בלייבן שטיין אויף איין אויגנבליק און גלייך אָנהויבן אַראָפּצופאַלן צוריק מיט דערזעלבער פאַרגיכערונג g.

האָבנדיק די צייט, וואָס דער קערפּער האָט פאַרברויכט אַרויפצושטייגן און די געשווינטקייט, מיט וועלכער מיר האָבן אים אַרופגעוואָרפן, קענען מיר אויסרעכענען די הויך, צו וועלכער ער האָט דערגרייכט ד. ה. דעם וועג פון דעם פאַרלאַנגזאַמט זיך באַוועגנדיקן קערפּער: מיר געפינען די מיטלמעסיקע געשווינטקייט פאַר דער צייט פון אַרויפשטייג און פאַרמערן איר אויף דער צייט.

$$S=V_o\times t:2$$

וויסנדיק די הויך, פון וועלכער דער קערפּער דאַרף איצט צוריק אַראָפּפאַלן קענען מיר אויסרעכענען די צייט, וואָס דאַרף געדויערן דער אַראָפּפאַל לויט פאָרמולע (12).

די אויסרעכענונג פון דער צייט ווייזט, אַז דער קערפּער פאַרברויכט צום אַראָפּפאַלן ריכטיק אַזוי פיל צייט, וויפל צום אַרויפשטייגן. אַזוי ווי די פאַרגיכערונג ביים אַראָפּפאַלן איז גלייך צו דער פאַרלאַנגזאַמונג ביים אַרופשטייגן, וועט די געשווינטקייט אין לעצטן מאָמענט פון אַראָפּפאַלן זיין גלייך צו דער געשווינטקייט, מיט וועלכער מען האָט דעם קערפּער אַראָפּגעוואָרפן. דאָס לייגט זיך טאַקע לייכט אויפן שכל: איין סעקונדע פאַרן זיך אָפּשטעלן ביים שטייגן אַרויף וועט די געשווינטקייט זיין g, צווי סע-

קונדעס פאַר דעם 2g, א. אַז. וו.; ביים אַראָפּפאַלן דאָסזעלבע: 1 סעקונ־דע נאָכן אָנהויב פון אַראָפּפאַלן וועט די געשווינטקייט זיין g (ווייל די געשווינטקייט פון אָנהויב פון אַראָפּפאַל איז גלייך נול און די פאַרגיכע־רונג g), 2 סעקונדעס נאָכן אָנהויב פון אַראָפּפאַל 2g א. אַז. וו. אַזוי אַרום וועלן די געשווינטקייטן אין דיזעלביקע מאָמענטן פאַרן זיך אָפּשטעלן אין דער לופט און נאָכן אָנהויב פון אַראָפּפאַל זיין דיזעלביקע; באַ דיזעל־ביקע געשווינטקייטן אין יעדן געהעריקן מאָמענט פאַר און נאָך דעם אויגנ־בליק פון דער העכסטער לאַגע און ביי די זעלביקע שטרעקעס פון אַרופ־שטייגן און אַראָפּפאַלן וועלן די צייטן אויך אויסקומען גלייך.

אַזוי אַרום ווען אַ קערפּער ווערט אַראָפּגעוואָרפן ווערטיקאַל אַרויף און בלייבט אַ געוויסע צייט אין דער לופט, פאַרברויכט ער אַ העלפט פון דער־דאָזיקער צייט צום שטייגן אַרויף און אַ העלפט צום פאַלן אַראָפּ.

ווען מיר אויסרעכענען לויט די פאָרמולעס די שטרעקעס, וואָס אַ פריי־פאַלנדיקער קערפּער גייט דורך פאַר דער ערשטער, פאַר דער צווייטער א. אז. וו. סעקונדע אַליין, ווי אויך די שטרעקעס, וואָס ער גייט דורך פאַר איין, פאַר צוויי א. אז. וו. סעקונדעס, דאַן וועלן מיר זעען, אַז:

א) די שטרעקעס (אויך די מיטלמעסיקע געשווינטקייטן), וואָס אַ פריי פאַלנדיקער קערפּער גייט דורך נאָכאַנאַנד, נאָר פאַר דער ערשטער, צוויי טער, דריטער, א. אז. וו. סעקונדע, פאַרהאַלטן זיך ווי די רייע נאָכאַנאַנ דיקע אומצאָלן 1:3:5:7 א. אז. וו. דאָס גילט אויך בכלל פאַר קערפּערס וואָס באַוועגן זיך גלייכמעסיק פאַרשנעלערט אָנהויבנדיק מיט דער געשווינט קייט נול;

ב) די שטרעקעס, וואָס אַ פריי־פאַלנדיקער קערפּער גייט דורך פאַר איינער, פאַר צוויי א. אז. וו. סעקונדעס, פאַרהאַלטן זיך ווי 1:4:9:16 א. אז. וו. ד. ה. ווי די קוואַדראַטן פון די נאָכאַנאַנדיקע צאָלן פון דער נאַטירלעכער רייע (1, 2, 3, א. אז. וו.) דאָס גילט אויך בכלל פאַר קער־פּערס, וועלכע באַוועגן זיך גלייכמעסיק פאַרשנעלערט, אָנהויבנדיק פון נול.

פון דער טעגלעכער דערפאַרונג. ווייסן מיר, אַז אַ שטיקל פּאַפּיר צ. ב. פאַלט אַראָפּ לאַנגזאַמער ווי אַ שטיינדל, נאָר דאָס, ווי **גאַליליי** האָט שוין דערקלערט, איז צוליב דער רייבונג אָן דער לופט, וועלכע שטערט די קערפּערס ביים פרייען פאַל. אַ לייכטער קערפּער מיט אַ גרוי־סער פלעכע וועט פאַלן לאַנגזאַמער, ווי אַ קלײנער און שווערער קערפּער, אָבער

אין אַ רוים אָן לופט פאַלן אַלע קערפּערס גלייך.


צייכ. 18

די ריכטיקייט פון דעם האָט ניוטאָן דערוויזן מיט זייער אַ פּשוטן עקספּערימענט (צייכ. 18): אין אַ גלעזערנער רער, פון וועלכער מען קען די לופט אַרויספּאָמפּען, ווערן אַריינגעטון עטלעכע קערפּערס: אַ בלייערנער קייקעלע, אַ שטיקל האָלץ, אַ פוך-פעדערל; קערט מען איבער דער רער מיטן קאָפּ אַראָפּ, ווען לופט איז אין איר פאַראַן, דאַן פאַלן די קערפּער נישט גלייכצייטיק אַראָפּ: די לייכטערע פאַרשפּעטיקן זיך אַ ביסל; ווערט די לופט אַרויסגעפּאָמפּעט, דאַן פאַלן זיי אַלע גלייך.

אויפגאַבעס: — 1) אויסרעכענען די הויך פון וועלכער אַ קערפּער דאַרף אַראָפּפאַלן אין דער צייט פון 5 סעקונדעס. 2) אַ רעגן פאַלט פון אַ וואָלקן, וואָס הענגט 1 קלמ. איבער דער ערד. ווי לאַנג פאַלן די טראָפּנס? 3) אַ קערפּער פאַלט פריי אַראָפּ פון אַ הויך 490,5 מ. אויסרעכענען די געשווינטקייט צום סוף פון דער 4-טער סעק.; די געשווינטקייט צום סוף פון פאַלן, די צייט פון פאַלן, די שטרעקע וואָס ער גייט דורך פאַר דער 7-טער סעק. אַליין 4) אַ קערפּער ווערט געוואָרפן ווערטיקאַל אַרויף מיט אַ געשווינטקייט פון 98,1 מ: סעק. אויסרעכענען וויפל צייט וועט ער שטייגן אַרויף, ווי הויך וועט ער אַרויפשטייגן, ווי לאַנג וועט ער פאַלן צוריק, וואָס פאַר אַ געשווינטקייט וועט ער האָבן, פאַלנדיק, ביי דער ערד 5) בשעת אַן אויסברוך פון וועזוווו זענען די שטיינער אַרויפגעפלויגן אויף 3430 מ. הויך; מיט וואָס פאַר אַ געשווינטקייט זענען זיי אַרויסגעשטויסן געוואָרן פון וווּלקאַן? 6) אַ קויל ווערט אַרויסגעשאָסן ווערטיקאַל אַרויף און פאַלט צוריק אויף דער ערד אין 1 מינוט אַרום; ווי הויך איז די קויל אַרויפגעשטיגן און מיט וואָס פאַר אַ געשווינטקייט איז זי אַרויס פון ביקס?

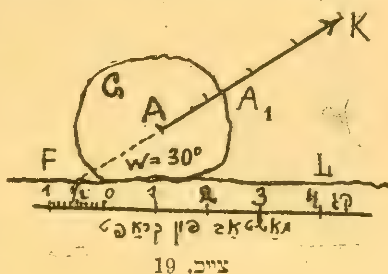
§ 23 גראַפישע באַצייכענונג פון קרעפטן. צונויפלייגן און פונאַנדערלייגן קרעפטן. כדי צו וויסן וואָס פאַר אַ ווירקונג אַ קראַפט וועט מאַכן אויף אַ קערפּער, דאַרף מען אונדז אָנגעבן

1) די גרויס פון דער קראַפט (אין קג. צ. ב. אָדער אַנדערע מאָסן),

2) **די ריכטונג**, אין וועלכער די קראַפט ווירקט אויפן קערפּער, ד. ה. דעם ווינקל צווישן דער ריכטונג פון דער קראַפט און אַ וועלכער עס איז באַקאַנטער ריכטונג,

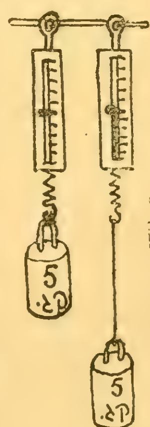
3) **דעם גרייפפונקט**, ד. ה. יענעם פונקט פון קערפּער, אויף וועלכן די קראַפט ווירקט דירעקט.

כדי צו לעזן פאַרשיידענע אױפגאַבעס מיט קרעפטן, ווערן זיי אָנגעגעבן גראַפיש, ד. ה. צייכנעריש, ווי די געשווינטקייטן. אַ קראַפט ווי אַ געשווינטקייט, ווערט אויך אָנגעגעבן דורך אַ שטרעקע: די לענג פון דער שטרעקע ווייזט אונז אין אַ מאַסשטאַב די גרויס פון דער קראַפט, ד. ה. די צאָל קג. וואָס זי באַטרעפט, די ריכטונג פון דער שטרעקע ווייזט די ריכטונג פון דער קראַפט. אַזוי זעען מיר אויף דער צייכ. 19, אַז אויפן קערפּער G ווירקט אַ קראַפט פון 4 קג. (די שטרעקע AK האָט 4 מאָס פון אָנגעגעבענעם מאַסשטאַב), די ריכטונג פון דער קראַפט זעען מיר פון ווינקל w, דער גרייפפונקט איז A.



צייכ. 19

די ווירקונג פון אַ קראַפט אויף אַ קערפּער ענדערט זיך נישט, ווען איר גרייפפונקט ווערט איבערגעטראָגן אין אַ באַליביקן פונקט אויף דער גראָדער פון איר ריכטונג. אויף דער צייכ. 20 זעען מיר, אַז די ווירקונג פון געוויכט אויף דער פעדער איז דיזעלביקע, סיי ווען דער געוויכט הייַנגט דירעקט אויפן האַקן, סיי אויפן שטריקל.



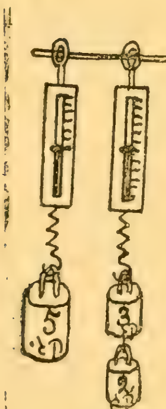
צייכ. 20

דאָס זעען מיר אויך אין דער באַוועגונג: אַ קערפּער באַוועגט זיך אַלצאיינס און מיט דערזעלביקער געשווינטקייט צי מיר ציען אים צו זיך, צי מיר שטופּן אים פון זיך, אויב נאָר אונזער קראַפט און איר ריכטונג זענען איןביידע פאַלן דיזעלביקע. אויף דער צייכ. 19 וואָלטן מיר געקענט מאַכן דעם גרייפפונקט אין A אָדער A_1 און די ווירקונג פון דער קראַפט וואָלט געווען דיזעלביקע, ד. ה. ער וואָלט זיך באַוועגט מיט דערזעלביקער געשווינטקייט און אין דערזעלביקער ריכטונג ווי פריער, באַם גרייפפונקט אין A.

פון דער דערפאַרונג ווייסן מיר, אַז צוויי (אָדער מער) קרעפטן, וואָס ווירקן אויף אַ קערפּער, קענען פאַרביטן ווערן דורך איינער, וועלכע מאַכט דיזעלביקע ווירקונג, ד. ה. זי ברענגט אַרויס דיזעלביקע באַוועגונג ווי די ביידע, אָדער דיזעלביקע אַנדערע דערשיינונג ווי די ביידע.

געפינען די גרויס און די ריכטונג פון אַזאַ איין קראַפט, וועלכע קען פאַרבייטן צוויי (אָדער מער) געגעבענע קרעפטן, הייסט **צונויפלייגן** דידאָזיקע געגעבענע קרעפטן. די קרעפטן, וועלכע מיר פאַרבייטן דורך איינער, הייסן **קאָמפּאָנענטע** קרעפטן (איינצלקרעפטן), די איינע קראַפט, וועלכע פאַרבייט די קאָמפּאָנענטעס, הייסט **רעזולטאַנטע** קראַפט (מיטל-קראַפט).

די רעזולטאַנטע פון צוויי קאָמפּאָנענטע קרעפטן, וועלכע ווירקן אויף איין גראָדער און אין דערזעלביקער ריכטונג, איז גלייך צו דער סומע פון ביידע קאָמפּאָנענטעס און ווירקט אין דערזעלביקער ריכטונג.



צייכ. 21

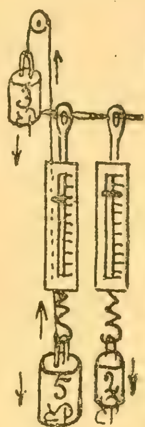
דאָס ווערט אונז קלאָר פון דער צייכ. 21. גראַפיש געפינען מיר די רעזולטאַנטע אַזוי, ווי מיר האָבן עס גע-מאַכט מיט די געשווינטקייטן: אויף אַ גראַדער MN לעגן מיר אָפּ פון אַ פונקט A די שטרעקע AK, וועלכע באַצייכנט אין דעם אָנגענומענעם מאַשטאַב איין קאָמפּאָנענטע; פון פונקט K, **דעם סוף פון דער קאָמפּאָנענטע** לייגן מיר אָפּ ווייטער KR, די צווייטע קאָמפּאָנענטע (אין זעלביקן מאַשטאַב); די שטרעקע AR, **פון אָנהייב פון דער ערש-טער קאָמפּאָנענטע ביזן סוף פון דער צווייטער,** ווייזט אונז אין זעלביקן מאַשטאַב די גרויס פון דער רע-זולטאַנטע (די סומע פון ביידע שטרעקעס) און איר ריכטונג.

די רעזולטאַנטע פון צוויי קאָמפּאָנענטע קרעפטן, וועלכע ווירקן אויף איין גראָדער אין פאַרשיידענע ריכטונגען, איז גלייך צו זייער דיפערענץ און האָט די ריכטונג פון דער גרעסערער קאָמפּאָנענטע.

דאָס ווערט קלאָר פון דער צייכ. 22. גראַפיש מאַכן מיר ווי פריער, נאָר די צווייטע קאָמפּאָנענטע לייגן מיר אָפּ אין פאַרקערטער ריכטונג ווי די ערשטע; די רעזולטאַנטע באַקומט זיך גלייך צו דער דיפערענץ.

ווען ביידע קאָמפּאָנענטעס ליגן נישט אויף איין גראָדער, נאָר שניידן זיך אין איין פונקט, געפינען מיר זייער קאָמפּאָנענטע, ווי בא געשווינט־קייטן, ד. ה.

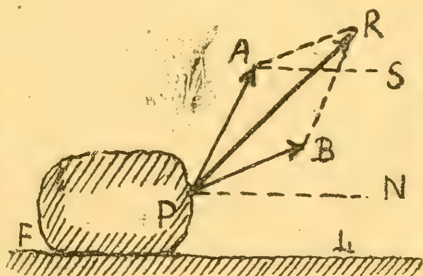
די רעזולטאַנטע פון צוויי קאָמפּאָנענטע קרעפטן, וועלכע שניידן זיך, באַקומט זיך לויט איר גרויס און ריכטונג פון דער דיאַגאָנאַלע פון פּאַראַלעלאָגראַם, וועלכער איז אויפגעשטעלט געאָמעטריש פון ביידע קאָמפּאָנענטע קרעפטן.



צייכ. 22

דעם פּאַראַלעלאָגראַם וועלן מיר אויפשטעלן פון די שטרעקעס, וועלכע באַצייכענען אין געגעבענעם מאַשטאַב די קאָמפּאָנענטע קרעפטן, און דעם געגעבענעם ווינקל צווישן זיי, ווי מיר האָבן עס געמאַכט מיט געשווינטקייטן.

לאָמיר מאַכן אַ ביישפּיל: צוויי זייערע שלעפּן אַ מאַסע M ביים פונקט P איבער דער פלעכע EL; (צייכ. 23) איינער מיט אַ קראַפט פון 6 קג. אין דער ריכטונג PA, דער צווייטער מיט אַ קראַפט פון 5 קג. אין דער ריכטונג PB; וויפל קג. און וועלכע ריכטונג דאַרף האָבן די רעזולטאַנטע, וואָס זאָל פאַרבייטן דידאָזיקע קאָמפּאָנענטעס?

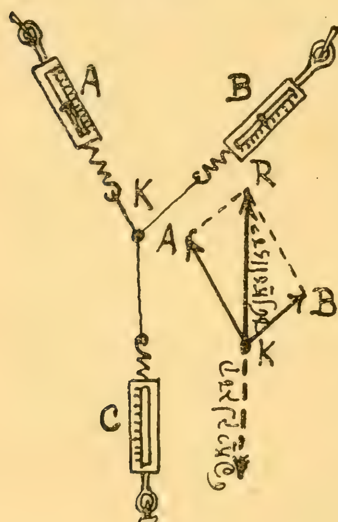


צייכ. 23

נעמען מיר אויף דער צייכענונג (צייכ. 23) אַ פונקט P און ציען די גראַדע PN, וועלכער מיר צייכענען פּאַראַלעל צו דער פלעכע; איצט ציען מיר די שטרעקע PA לויט איר ריכטונג (ד. ה. דעם געגעבענעם ווינקל APN) און לייגן אויף איר אָפּ 6 גלייכע שטרעקעס (לויט אַ באַליביקן מאַשטאַב); אויפן זעלבן שטייגער ציען מיר די שטרעקע PB; פון די פונקטן A און B ציען מיר פּאַראַלעל AR און BR און מיר באַקומען דעם פּאַראַלעלאָגראַם PARB; זיין דיאַגאָנאַלע BR ווייזט אונז מיט איר לענג (אין דעמזעלביקן מאַשטאַב) די גרויס (אין קג) און די ריכטונג פון דער רעזולטאַנטע, וועלכע קען פאַרבייטן די קאָמפּאָנענטעס.

פאַרשטייט זיך, אַז מיר וואָלטן געקענט אויפשטעלן נישט דעם גאַנצן פאַראַלעלאָגראַם, נאָר דעם דרייעק PAR, ציִענדיק אַפריער די קאָמפּאָנענטע PA און פון ענדפּונקט A די קאָמפּאָנענטע AR (ווינקל SAR גלייך „צום ווינקל NPB) און פאַרייניקן דעם אָנהייב פון דער ערשטער קאָמפּאָנענטע P מיטן ענדפּונקט פון דער צווייטער R און מיר וואָלטן באַקומען דיזעלביקע רעזולטאַנטע PR.

די ריכטיקייט פון זאַץ וועגן דער רעזולטאַנטע פון צוויי זיך שניידנדיקע קאָמפּאָנענטעס קען פשוט דערוויזן ווערן עקספּערימענטאַל אַזוי (צייכ. 24):



צייכ. 24

3 אָנגעצויגענע פּעדערוואָגן A, B און C ציִען פאַר דריי שטריקלעך, וועלכע גייען אַרויס פון איין קניפּל K; שטעלן מיר אויף אַ פאַראַלעלאָגראַם פון די קרעפטן, וועלכע עס ווייזן די אָנגעצויגענע קאַנטאָרס A און B (דעם ווינקל AKB מעסטן מיר אויס) און ציִען מיר די רעזולטאַנטע, דאַן ווייזט זי ריכטיק די קראַפט, מיט וועלכער עס איז אָנגעצויגן דער קאַנטאָר C.

די ריכטונג פון דער רעזולטאַנטע פון די קרעפטן A און B (פון די קאַנטאָרס) וועט זיין ריכטיק אַנטקעגן דער ריכטונג פון דער קראַפט פון קאַנטאָר C.

אַזאַ קראַפט, וועלכע איז גלייך צו דער רעזולטאַנטע פון צוויי (אָדער מער) קאָמפּאָנענטעס, נאָר האָט אַ פאַרקערטע ריכטונג צו איר, הייסט קעגנקראַפט פון דידאָזיקע קאָמפּאָנענטעס.

אויב די רעזולטאַנטע פון צוויי קאָמפּאָנענטעס קען זיי ביידע פאַרבייטן און אַרויסרופן דיזעלביקע ווירקונג וואָס זיי ביידע, וועט די קעגנקראַפט פאַרניכטן די ווירקונג פון ביידע קאָמפּאַנענטעס, ד. ה. קיין שום ענדערונג וועט מיטן קערפּער נישט פאָרקומען.

אַזאַ ווירקונג פון קרעפטן אויף אַ קערפּער, ווען זיי רופן נישט אַרויס קיין שום ענדערונג אין זיין רו-צושטאַנד, אָדער באַוועגונג-צושטאַנד, הייסט גלייכגעוויכט פון דידאָזיקע קרעפטן.

צוזיאַרום, ווען אויף אַ קערפּער ווירקן צוויי (אָדער מער) קאָמפּאָנענ-
טעס צוזאַמען מיט זייער קעגנקראַפט, בלייבט דער קערפּער אין גלייכגעוויכט.

ווי מיר זעען בײלדן ביידע קאָמפּאָנענטעס מיט דער רעזולטאַנטע אַ
דרייעק און דעריבער שטייען זיי אין דערזעלבער שייכות ווי די זייטן פון
אַ דרייעק, ד. ה. :

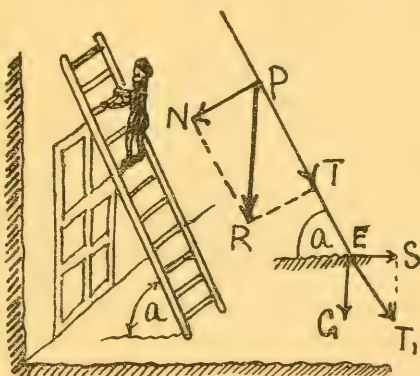
ווען צוויי קאָמפּאָנענטעס שניידן זיך, איז די רעזולטאַנטע שטענדיק קלענער פון דער סומע און גרעסער פון דער די-פערענץ פון ביידע קאָמפּאָנענטעס.

נאָר ווען די קאָמפּאָנענטעס ליגן אויף איין גראָדער קען די רעזול-
טאַנטע זיין גלייך צו דער סומע, אָדער דיפערענץ פון ביידע קאָמפּאָנענטעס,
ווי מיר האָבן עס פריער געזען.

ווען מיר האָבן מער ווי צוויי קאָמפּאָנענטע קרעפטן, דאַן ווען מיר
געפינען די רעזולטאַנטע פון וועלכע עס איז צוויי קרעפטן, דערנאָך די
רעזולטאַנטע פון דער דריטער קאָמפּאָנענטע און דער פריערדיקער רעזול-
טאַנטע א. אַז. וו.

אַ קראַפט קומט אונז אויך אויס צו פונאַנדערלייגן, ד. ה. מיר
נעמען איר אָן פאַר אַ רעזולטאַנטע און געפינען די צוויי קאָמפּאָנענטער,
פון וועלכע מען קען איר צונויפלייגן.

בײַשפּיל. (צייכ. 25) אַ מענטש
פון 72 קג. וואָג שטייט אויף אַ
לייטער, וואָס איז גענייגט מיט אַ
ווינקל פון 60 גראַד צו דער ערד.
עס איז קלאָר, אַז איין קאָמפּאָנענטע
קראַפט וועט בייגן דעם לייטער און
די צווייטע וועט אים צודריקן צו
דער ערד. כדי צו געפינען יעדע
פון דידאָזיקע קרעפטן, ציען מיר
אַ גראָדע PE פּאַראַלעל צו דער
לאַגע פון לייטער, פון אַ פּונקט P
ציען מיר אַ ווערטיקאַלע PR, אויף



צייכ. 25

וועלכער מיר לייגן אָפּ אין אַ געוויסן מאַשטאַב די שטרעקע PR, וואָס זאָל
זיין די וואָג פון 72 קג ; פון פונקט P ציען מיר אַ פּערפּענדיקל PN צו PE ;
PT וועט ווייזן די ריכטונג פון דער צווייטער קאָמפּאָנענטע. כדי צו גע-

פינען די גרויסן פון ביידע קאָמפּאָנענטעס, ציען מיר דורכן פּונקט R פּאַראַלעלע צו PN און PT און מיר באַקומען דעם פּאַראַלעלאָגראַם PNRT; PN וועט געבן די קאָמפּאָנענטע, וועלכע בייגט דעם לייטער, PT — די קאָמפּאָנענטע וועלכע דריקט אים צו דער ערד (לויטן מאַשטאַב וועט אויסקומען PN באַ 36 קג. און PT באַ 62 קג.).

אריבערטראָגנדיק די קאָמפּאָנענטע PT צום פּונקט E וואו דער לייטער איז אָנגעשפּאַרט אָן דער ערד, קענען מיר איר אַליין ווידער פונאַנדערלייגן אין צווי קאָמפּאָנענטעס: EG, וועלכע וועט צודריקן דעם לייטער ווערטיקאַל, און ES, וועלכע וועט שטרעבן אָפּרוקן דעם לייטער פון אָרט. וואָס קלענער עס וועט זיין דער ווינקל צווישן לייטער און דער ערד, אַלץ גרעסער וועלן אויסקומען די קאָמפּאָנענטעס PN און ES, ד. ה. אַלץ שטאַרקער וועט זיך דער לייטער בייגן און אַלץ גרעסער וועט זיין די קראַפט, וועלכע רוקט אָפּ דעם לייטער פון וואַנט, און דאָס ווייזט אונז טאַקע די דערפאַרונג.

באַם פונאַנדערלייגן אַ קראַפט ווערן די קאָמפּאָנענטעס געפינען לויט דיזעלביקע 3 באַדינגונגען, ווי באַ געשווינטקייטן, ד. ה. אויסער דער גרויס פון דער קראַפט, וואָס דאַרף פונאַנדערגעלייגט ווערן, דאַרף מען אונז געבן נאָך 2 באַדינגונגען; אָדער די באַטרעפן פון ביידע קאָמפּאָנענטעס און מיר געפינען זייערע ריכטונגען צו דער רעזולטאַנטע, אָדער די גרויס און די ריכטונג פון איין קאָמפּאָנענטע און מיר געפינען די גרויס און די ריכטונג פון דער צווייטער, אָדער די ריכטונגען פון די קאָמפּאָנענטעס און מיר געפינען זייערע גרויסן.

זעלבספאַרשטענדלעך, אַז די קאָמפּאָנענטעס און זייערע ריכטונגען קען מען אויסרעכענען געאָמעטריש ווי די זייטן און ווינקלען פון אַ דרייעק.

אויפגאַבעס. 1) אויף אַ קערפּער ווירקן צווי גלייכע קרעפטן צו 15 קג. מיט אַ ווינקל פון 120° צווישן זיי. אויסרעכענען די רעזולטאַנטע און איר ריכטונג צו די קאָמפּאָנענטעס; ווי גרויס דאַרף זיין די קעגנקראַפט?

2) די רעזולטאַנטע פון צווי קרעפטן, וועלכע ווירקן אויף איין גראָדער און אין איין ריכטונג באַטרעפט 25 קג; איין קאָמפּאָנענטע באַטרעפט 10 קג. אויסרעכענען די צווייטע; 3) די רעזולטאַנטע פון צווי קרעפטן, וואָס ווירקן אויף איין גראָדער אין פאַרשיידענע ריכטונגען באַטרעפט 12 קג. איינע פון די קאָמפּאָנענטעס איז מיט 1,5 מאָל גרעסער פון דער צווייטער; אויסרעכענען די קאָמפּאָנענטעס; 4) צווי קאָמפּאָנענטע קרעפטן פון 9 קג. און 12 קג. ווירקן מיט אַ רעכטן ווינקל

צווישן זיי; אויסרעכענען זייער רעזולטאַנטע (לויטן פּיטאַגאָרישן זאַץ);

5) אַ לאָמפּ פון 12 קג. וואָג הענגט אויף 2 דראָטן אינמיטן צווישן צוויי שטאַנגען אַזוי, אַז די דראָטן בילדן אַ ווינקל פון 150 גראַד; אויסרעכענען די קראַפט, וועלכע ציט פונאַנדער די דראָטן;

6) אויף אַ פּאַק וואָג ווירקט אַ קראַפט פון 32 קג. מיט אַ ווינקל פון 60 גראַד צום האָריזאָנטאַלן פּליין, אויף וועלכן דער פּאַק ליגט; ווי גרויס איז די קאָמפּאָנענטע, וועלכע הייבט אונטער דעם פּאַק, (ד. ה. די ווערטיקאַלע קאָמפּאָנענטע); ווי גרויס איז די קאָמפּאָנענטע, וועלכע שלעפּט דעם פּאַק פּאָרויס (די האָריזאָנטאַלע קאָמפּאָנענטע); 7) אַ רעגן פאַלט מיט אַ ווינקל פון 60° צום האָריזאָנט צוליב דער ווירקונג פון ווינט; אָננעמענדיק די וואָג פון אַ טראָפּן גלייך 0,1 גראַם, אויסרעכענען די קראַפט פון ווינט, וואָס טרייבט אָפּ דעם טראָפּן פון זיין ווערטיקאַלער ריכטונג.

פראַגעס. 1) באַ וועלכער לאַגע פון די דישלען איז דעם פערד לייכטער צו ציען דעם וואָגן: האָריזאָנטאַלער צי געניייגטער?

2) צוויי יינגלעך ציען מיט גלייכע קרעפטן אַ שליטל פאַר צוויי שטריקלעך, צוגעפעסטיקטע צו איין פונקט; צי דאַרפן די יינגלעך גיין וואָס מער אָדער וואָס ווייניקער אָפּגערוקט איינער פון צווייטן, כדי צו ציען דעם שליטל מיט וואָס אַ גרעסערער קראַפט; באַ וואָס פאַר אַ לאַגע פון די שטריקלעך וועט זיך דער שליטל נישט רירן פון אָרט? באַ וואָס פאַר אַ ווינקל צווישן די שטריקלעך וועט דער שליטל געצויגן ווערן מיט אַ קראַפט ווי פון איין יינגל?

§ **24 דרוק. צוג.** די ווירקונג פון אַ קראַפט, דער אויפטו אירער, ווענדט זיך אָן דעם, אויף וואָס פאַר אַ שטח זי פאַרטיילט זיך. שטייען מיר, צ. ב. אויף דער ערד מיטן גאַנצן שטח פון אונזערע שיך, דאַן מערקן מיר נישט, אַז די ערד אונטער אונז זאָל זיך איינקוועטשן; שטעלן מיר זיך אָבער אויף די שפּיצן פון די שיך, דאַן באַקומען זיך אונטער די שפּיצן גריבעלעך: אין דעם פאַל איז די שווערקייט פון אונזער קערפּער פאַרטיילט געוואָרן אויף אַ קלענערן שטח און דעריבער איז די ווירקונג געווען אַ שטאַרקערע.

די צאָל קג. קראַפט וואָס קומט אויס אויף 1 צמ. קוו. פון שטח, אויף וועלכן זי ווירקט, הייסט דרוק אָדער צוג.

דרוק הייסט עס דאַן, ווען די קראַפט שטרעבט דעם קערפּער צונויפצודריקן, איינקוועטשן, צוג — ווען די קראַפט ציט דעם קערפּער אויס.

אַזויאַרום, כּדי אויסצוּרעכענען דעם דרוק, אָדער צוג, וואָס אַ קראַפט מאַכט, דאַרף מען אויסרעכענען וויפל קג. קראַפט עס קומט אויס אויף 1 צמ. קוו., ד. ה. די קראַפט אין קג. טיילן אויפן שטח אין צמ. קוו.

דער דרוק פון 1 קג. אויף 1 צמ. קוו. הייסט טעכנישע אַטמאָספער (את.).

פון איין און דערזעלביקער קראַפט קען מען באַקומען אַ גרעסערן אָדער קלענערן דרוק, פאַרטיילנדיק איר אויף אַ קלענערן אָדער גרעסערן שטח. פון דאָזיקן דרוק, (אָדער צוג) ווענדט זיך די ווירקונג פון אַן אינ־סטרומענט אויף דעם מאַטעריאַל פון באַאַרבעטן קערפּער. פּרובירן מיר שניידן ברויט מיט דער טעמפּער זייט פון מעסער, דאַן גייט עס זייער שווער, ווייל אונזער קראַפט פאַרטיילט זיך אויפן גרעסערן שטח פון דער טעמפּער זייט און עס באַקומט זיך אַ קליינער דרוק; מיט דער שאַרפער זייט גייט עס לייכט, ווייל דער דרוק באַקומט זיך אַ סך גרעסער, אַ דאַנק דעם קלענערן שטח, בּאַ דערזעלביקער קראַפט. דער שאַרפן, שלייפן, צו־שפּיצן פון כּלערליי אינסטרומענטן און געצייג, איז טאַקע דעריבער וויכטיק, ווייל די קראַפט, וועלכע ווירקט אויף דעם אינסטרומענט, פאַרטיילט זיך אויף אַ קליינעם שטח פון שאַרף, אָדער שפּיץ, און דער דרוק באַקומט זיך אַ גרעסערער.

מיט שאַרפע אינסטרומענטן שפּאָרן מיר קראַפט, ווייל כּדי צו מאַכן דעמזעלביקן דרוק, דאַרף מען אויף אַ גרעסערן שטח (טעמפּער אינסטרומענט) אָנווענדן אַ גרעסערע קראַפט, און אויף אַ קלענערן שטח—אַ קלענערע קראַפט.

מיטן צוג איז דאָסזעלבע: וואָס אויף אַ גרעסערן שטח די קראַפט פאַרטיילט זיך, אַלץ קלענער איז דער צוג.

אין דער טעגלעכער פּראַקטיקע רופן מיר אָן מיטן וואָרט „דרוק” אָדער „צוג” די גאַנצע ווירקנדיקע קראַפט אַליין. אין דער וויסנשאַפט אָבער מיינט מען מיטן וואָרט דרוק (אָדער צוג) די קראַפט (אין קג.), וואָס קומט אויס אויף 1 מאָס שטח (צמ. קוו.) מען דאַרף עס שטענדיק אין זינען האָבן, כּדי נישט צו מאַכן קיין פעלערן.

דער דרוק (אָדער צוג) ווייזט, ווי שטאַרק די קראַפט ווירקט אויף דעם קערפּער.

ביישפּיל 1. אַ מאַשין צוזאַמען מיט איר פונדאַמענט וועגט 8,4 טאָן; דער שטח, אויף וועלכן דער פונדאַמענט שטיצט זיך באַטרעפט 2,4

מ. קוו; לאָמיר אויסרעכענען דעם דרוק אונטערן פונדאַמענט: די ווירקנ־דיקע קראַפט, די וואָג, מאַכט אויס 8400 קג. דער שטח $2,4 \times 10000$ גלייך 24000 צמ. קוו.; דעם דרוק וועלן מיר געפינען, טיילנדיק 8400 קג. דורך 24000 צמ. קוו. באַקומט זיך 0,35 קג: צמ. קוו.

ביישפּיל 2. אַ מאַשין וועגט 1,2 טאָן; זי ווערט אונטערגעשפּאַרט אונטער 4 פּיס אַזוי, אַז דער דרוק באַקומט זיך 0,5 קג: צמ. קוו; ווי גרויס איז דער שטח פון דער שטיצע אונטער יעדער פוס? די ווירקנדיקע קראַפט באַטרעפט 1200 קג; אויף יעדער פוס ווירקט 1200 : 4 גלייך 300 קג; כּדי דער דרוק זאָל אויסמאַכן 0,5 קג: צמ. קוו. דאַרפן מיר האָבן אַ שטח פון 300 : 0,5 גלייך 600 צמ. קוו. אונטער יעדער פוס.

ביישפּיל 3. דער שטח פון אַ פונדאַמענט פון אַ געביידע באַטרעפט 56 מ. קוו., דער דרוק אויף דער ערד מאַכט אויס 1,4 קג.: צמ. קוו. וויפל וועגט די געביידע? דער שטח פון פונדאַמענט מאַכט אויס 56×10000 צמ. קוו.; אויף יעדן צמ. קוו. קומט אויס 1,4 קג.; די גאַנצע קראַפט, ד. ה. די וואָג פון דער געביידע וועט זיין $1,4 \times 560000$ גלייך 784000 קג. אָדער 784 טאָן.

פון די ביישפּילן זעען מיר, אַז:

1) כּדי אויסצורעכענען דעם דרוק אָדער צוג (אין קג.: צמ. קוו.) דאַרף מען די קראַפט (אין קג.) טיילן דורך דער גרויס פון שטח, (אין צמ. קוו.) אויף וועלכן זי ווירקט.

2) כּדי אויסצורעכענען דעם שטח, אויף וועלכן אַ געגעבענע קראַפט (אין קג.) מאַכט אַ געגעבענעם דרוק (אָדער צוג) (אין קג.: צמ. קוו.) דאַרף מען די קראַפט טיילן דורכן דרוק (אָדער צוג).

3) כּדי אויסצורעכענען די ווירקנדיקע קראַפט (אין קג.), ווען מען גיט אונדז דעם שטח (אין צמ. קוו.) אויף וועלכן זי ווירקט און דעם דרוק, אָדער צוג (אין קג: צמ. קוו.) וועלכן זי מאַכט, דאַרף מען דעם דרוק (אָדער צוג) פאַרמערן אויפן שטח.

באַצייכענענדיק די ווירקנדיקע קראַפט דורך K (אין קג.), דעם שטח, אויף וועלכן זי ווירקט, דורכן S (אין צמ. קוו.) און דעם דרוק, (אָדער צוג) וואָס זי מאַכט דורך P (קג: צמ: קוו.) קענען מיר אָנגעבן אַלגעבּריש די־דאָזיקע דריי זאַצן:

1) $P = K : S$ קג: צמ. קוו. 2) $S = K : P$ צמ. קוו. 3) $K = P \times S$ קג.

אויפגאַבעס. 1) אין אַ פּירקאַנטיקן רעזערוואַר מיטן שטח פון דעק

גלייך 3600 צמ. קוו. איז אָנגעגאָסן וואַסער 1,5 מ. הויך איבערן דעק. אויסרעכענען די קראַפט, וואָס דריקט אויפן דעק און דעם דרוק.

2) אויף אַ קייט פון רונדע דראָט מיט אַ שטח פון קווערשניט פון 1,6 צמ. קוו. הענגט אַ לאַסט פון 1,6 טאָן; אויסרעכענען דעם צוג און דעם מאַטעריאַל פון דער קייט. 3) וואָס פאַר אַ קראַפט קען אויסהאַלטן אַ ציגלנע קאָלומנע 60 צמ. די ברייט און 72 צמ. די דיק, אויב מיר זאָלן דערלאָזן דעם דרוק ביז 3 קג: צמ. קוו. 4) די לענג פון שאַרף פון אַ מעסער באַטרעפט 10 צמ., די דיק פון שאַרף לאָמיר אָננעמען 0,1 ממ; וואָס פאַר אַ דרוק באַקומט זיך, ווען מען ווירקט אויפן מעסער מיט 5 קג. קראַפט? 5) וואָס פאַר אַ דרוק מאַכט די נאָדל פון אַ ניימאַשין אויפן מאַטעריאַל, אויב מיר וועלן אָננעמען די ווירקנדיקע קראַפט גלייך 1 קג. און דעם שטח פון שפּיץ 0,05 ממ. קוו.

פּראַגעס. דערקלער פאָלגנדיקע דערשיינונגען: 1) מיט אַ שפּיציקער נאָדל נייט זיך לייכט, מיט אַ טעמפּער שווער. 2) ווען מען גליטשט זיך מיט גליטש-ברעטער (סקיעס) אַפילו אויף אַ טיפן שניי, זינקט מען אין אים נישט אַריין. 3) אויף אַ נישט זיכערן אייז איז פּראַקטיש צו גיין „אויף אַלע פיר“. 4) אונטער די שינעס פון דער באַן לייגט מען הילצערנע שוועלן. 5) בײַם פּרעסן עפּעס, לייגן די סטאָלער אַרונטער ברעטלעך אונטערן שרויף פון דער שרויפצווענגע. 6) אויף די שפּיץ פינגער איז שווערער צו שטיין ווי אויף דער גאַנצער פוס. 7) די פיס פון שווערע מעבל מאַכט מען ברייטער. 8) די ווענט פון אַ מויער זענען וואָס העכער אַלץ דינער. (ווייטערדיקע פּראַגעס און אויפגאַבעס צום סוף פון קאַפּיטל).

§ 25. **אַרבעט. לייסטונג.** ווי מיר ווייסן שוין, קען אַ קראַפט אַרויסרופן די באַוועגונג פון קערפּער אויף וועלכן זי ווירקט.

די ווירקונג פון אַ קראַפט אויף אַ קערפּער ווען זי ברענגט אים אין באַוועגונג, און שטאַרקט דערביי איבער פאַרשיידענע שטערונגען, הייסט אַרבעט.

אומעטום, וואו מיר זעען, אַז אַ קערפּער (אָדער איינריכטונג) גיט אַרויס אַרבעט, קענען מיר פעסשטעלן די ווירקונג פון אַ געוויסער קראַפט, וועלכע באַוועגט אַ קערפּער, אָדער אַ מאַשינעריע, וועלכע וואָלט זיך אָפּגעשטעלט ווען נישט די קראַפט.

אַזוי אַרום האָבן מיר ביי יעדער אַרבעט צו טאָן מיט צוויי גרויסן:

מיט דער קראַפט, דער סיבה פון דער באַוועגונג, און דעם וועג, וואָס דער באַוועגטער קערפּער מאַכט דורך. ווען אַ קערפּער רוט, אַפילו אונטער אַ דרוק, ד. ה. דער ווירקונג פון אַ קראַפט, זעען מיר קיין אויסצרלעכע אַר-בעט נישט, ווייל קיין באַוועגונג איז נישטאָ. ווען אַ קערפּער באַוועגט זיך, נישט דאַרפנדיק איבערשטאַרקן קיין שטערונגען, הייסט עס אויך נישט קיין אַרבעט.

עס איז קלאָר, אַז וואָס גרעסער די ווירקנדיקע קראַפט איז און וואָס לענגער דער וועג, אויף וועלכן די שטערונגען זענען דורך איר באַזיגט גע-וואָרן, אַלץ מער אַרבעט איז אַרויסגעגעבן געוואָרן, ד. ה. די אַרבעט איז גלייך פּראָפּאָרציאָנעל סיי צו דער קראַפט, סיי צום וועג, אויף וועלכן די קראַפט האָט געאַרבעט. פון דעם ווערט קלאָר, אַז אַרבעט דאַרף זיין פּראָ-פּאָרציאָנעל צום פּראָדוקט פון דער קראַפט אויף דעם וועג. 1 מאָס קראַפט (1 קג.), וועלכע גיט אַרויס אַרבעט אויף 1 מאָס וועג (1 מ.) וועט אַרויס-געבן 1 מאָס אַרבעט. פאַר אַ מאָס פון אַרבעט ווערט אָנגענומען דער

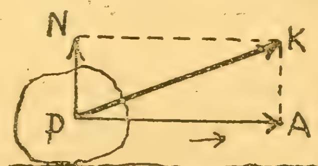
קילאָגראַם-מעטער (קגמ.) ד. ה. די אַרבעט פון 1 קג. קראַפט אויף דעם וועג פון 1 מ., ווען די באַוועגונג קומט פאָר אין דער ריכטונג פון דער קראַפט.

ווען צ. ב. אַ קראַפט פון 16 קג. האָט באַוועגט אַ קערפּער אין דער ריכטונג פון איר ווירקונג אויף 20 מ., האָט די קראַפט אַרויסגעגעבן 20×16 גלייך 320 קגמ. אַרבעט.

אַזויאַרום, כדי אויסצורעכענען די אַרויסגעגעבענע אַרבעט, דאַרף מען די גרויס פון דער קראַפט (אין קג.) פאַרמערן אויף דער לענג פון וועג (אין מ.), וואָס דער באַוועגטער קערפּער גייט אין דער ריכטונג פון דער קראַפט.

באַצייכענען מיר די אַרבעט דורך A (קגמ.), די קראַפט דורך K (קג.) דעם וועג דורך S (מ) דאַן באַקומען מיר די שייכות אַלגעבריש:

1) קגמ. $A = K \times S$ 2) קג. $K = A : S$ 3) מ. $S = A : K$



צייכ. 26

ווען דער קערפּער (P צייכ. 26) באַוועגט זיך נישט אין דער ריכטונג פון דער ווירקנ-דיקער קראַפט (PK), דאַן לייגן מיר פונאַנ-דער די קראַפט אין צוויי קאָמפּאָנענטעס: איינע (PA) זאָל גיין אין דער ריכטונג פון דער באַוועגונג, און די צווייטע (PN) פּער-פּענדיקולער צו דער פלעכע, אויף וועלכער דער קערפּער באַוועגט זיך.

באַוועגן דעם קערפּער וועט נאָר יענע קאָמפּאָנענטע, וואָס גייט אין דער ריכטונג פון דער באַוועגונג און איר גרויס פאַרמערן מיר אויף דעם וועג און מיר באַקומען די אַרבעט, וואָס די באַוועגונג האָט פאַרשלונגען. די אַרבעט, וואָס די פּערפּענדיקולערע קאָמפּאָנענטע (PN) האָט אפשר אויך אַרויסגעגעבן, איז אַוועק נישט אויף דער באַוועגונג, נאָר צום איבערשטאַרקן אַנדערע שטערונגען, ווי צ. ב. אונטערהייבן דעם קערפּער בעת דער באַוועגונג א. אַ.

ווען מיר שטייגן אַרויף אויף אַ ווערטיקאַלן לייטער, איז די אַרויסגעגעבענע אַרבעט גלייך דער וואָג פון אונזער קערפּער (אין קג.) פאַרמערט אויף דער הייך (אין מ.), וואָס מיר זענען אַרויפגעשטיגן; ווען מיר גייען אויף טרעפּ, אָדער געניייגטער פלאַכע בכלל, דאַרפן מיר אויך נעמען די הייך, אָבער נישט די **לענג**, פון וועג, ווייל **געהייבן** דעם קערפּער האָבן מיר נישט אויף דער לענג פון דער פלאַכע, נאָר אויף איר הייך.

איין און דיזעלביקע אַרבעט קען אַרויסגעבן אַ קליינע קראַפט אויף אַ לאַנגן וועג, ד. ה. אַרבעטנדיק אַ לענגערע צייט, און אַ גרויסע קראַפט אויף אַ קורצן וועג, ד. ה. אַרבעטנדיק אַ קירצערע צייט. אָבער אין איין מאָס צייט וועלן דידאָזיקע פאַרשיידענע קרעפטן אַרויסגעבן פאַרשיידענע מאָסן אַרבעט: די גרעסערע מער, די קלענערע ווייניקער. די אָנגעשטרענגטקייט פון אַן אַרבעט, איר לעבעדיקייט אַזוי צו זאָגן, ווענדט זיך אָן דעם, וויפל אַרבעט עס באַקומט זיך אין 1 מאָס צייט (1 סעק.).

די צאָל קילאָגראַם-מעטערס אַרבעט, וואָס אַ מקור גיט אַרויס אין 1 סעק. צייט הייסט לייסטונג פון דאָזיקן מקור.

די לייסטונג ווייזט אונז, ווי אָנגעשטרענגט, ווי לעבעדיק, די אַרבעט גייט צו.

פאַר אַ מאָס פון לייסטונג ווערט גענומען 1 קגמ. אַרבעט אין 1 סעק. צייט. פאַר פּראַקטישע צוועקן איז דידאָזיקע מאָס צו קליין, דעריבער נעמט מען פאַר אַ מאָס פון לייסטונג אַ גרעסערע מאָס, וועלכע הייסט

מעכאַנישער פערד—דאָס איז די לייסטונג פון 75 קגמ. אין 1 סעק. צייט.

דער וואָרט מעכאַנישער פערד ווערט באַצייכנט אַזוי: מ. פ. (מעכאַנישער פערד) אָדער HP (ענגליש: horse power) אָדער K. P. (פּויליש: koń parowy).

מען דאַרף נישט פאַרגעסן, אַז אַ מעכאַנישער פערד איז אַ מאָס

נישט פֿון קראַפֿט און נישט פֿון אַרבעט, נאָר פֿון לייסטונג. אין אַלטעגלעכן לעבן הערן מיר אָפטמאָל זאָגן: „8 פֿערד קראַפֿט"—דאָס איז פֿאַלש; ריכטיק איז צו זאָגן: „8 פֿערד לייסטונג". דער וואָרט „פֿערד" האָט זיך אין דעם נאָמען איינגעבירגערט שוין היסטאָריש. ווען מען האָט אים איינגעפֿירט ביים פֿאַרגלייכן אַ דאַמפֿ-מאַשין מיט אַ פֿערד. אינדערזאַמתן איז די לייסטונג פֿון אַ לעבעדיקן פֿערד באַ דויערהאַפֿטער אַרבעט אַ סך אַ קלענערע ווי פֿון אַ מעכאַנישן (באַ 0,5 און אַפֿילו ווייניקער). די לייסטונג פֿון אַ מענטשן יואַקלט זיך צווישן איין אַכטל און איין צוועלפֿטל פֿון אַ מ. פֿ.; באַ אַ שטאַרקער מאָמענטאַלער אָנשטרענגונג אַפֿילו 0,5 מ. פֿ.

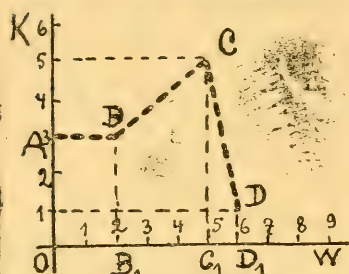
ווען מיר זאָגן: „אַ מאָטאָר פֿון 5 פֿערד קראַפֿט" הייסט עס, איז זיין לייסטונג באַטרעפֿט 5 מ. פֿ., ד. ה. דער מאָטאָר גיט אַרויס 75×5 גלייך 375 קגמ. אַרבעט אין 1 סעק. צייט.

כדי אויסצורעכענען די ארבעט באַ אַ קרומליניקער באַוועגונג, דאַרף מען די לענג פֿון וועג (אין מ.) אויך פֿאַרמערן אויף דער גרויס פֿון דער קראַפֿט (אין קג.) וועלכע ווירקט אויף דעמדאָזיקן וועג.

ביישפּיל. אַ מענטש דרייט דעם ראָד פֿון אַ וועש-מאַנגל, ווירקנדיק אויף דער קאָלבע מיט אַ קראַפֿט פֿון 16 קג. דער ראַדיוס פֿון דער קאָלבע באַטרעפֿט 60 צמ. דער מענטש מאַכט מיט דער קאָלבע 8 טורן: מינ. לאָמיר אויסרעכענען די אַרבעט און די לייסטונג פֿאַר 1 טור. דער דיאַמעטער פֿון אומקרייז, וואָס די קאָלבע באַשרייבט איז גלייך 0,6×2 גלייך 1,2 מ., פֿאַר 1 טור מאַכט די קאָלבע דעם וועג 1,2×3,14 גלייך באַ 3,77 מ. די אַרבעט פֿאַר 1 טור באַטרעפֿט 3,77×16 גלייך 60,32 קגמ. און פֿאַר 1 מינוט 60,32×8 (ווייל 8 טור: מינ.) גלייך 482,56 קגמ. כדי צו געפֿינען די לייסטונג אין מ. פֿ. דאַרפֿן מיר געפֿינען, וויפֿל מאָל צו 75 קגמ. עס ווערט אַרויסגעגעבן פֿאַר 1 סעק. צייט; די אַרבעט פֿאַר 1 סעק באַטרעפֿט 482,56:60 גלייך 8,04 קגמ. סעק., מעכאַנישע פֿערד וועט עס זיין 8,04:75 גלייך באַ 0,106 מ. פֿ.

די אַרבעט קען מען אויך אויסדריקן גראַפֿיש, ד. ה. צייכנעריש ווי מיר האָבן עס געמאַכט מיט דעם וועג. ווען מיר אָנצייכענען אויף געקעסטלטן פּאַפּיר צוויי פּערפּענדיקולערע אַקסן און פּאַראַלעל צו דער האָריזאָנטאַלער אָפּלייגן אין אַ אָנגענומענעם מאַשטאַב דעם וועג, פּאַראַלעל צו דער ווערטיקאַלער — די קראַפֿט (אויך אין אַ געוויסן מאַשטאַב), דאַן וועלן מיר באַקומען אַ ליניע, וועלכע וועט ווייזן ווי די קראַפֿט ענדערט זיך אויפֿן

גאַנצן וועג וואָס זי אַרבעט (צייכ. 27). מיר זעען אויף דער צייכענונג, אַז אין משך פון 2 מעטער האָט די קראַפט באַטראָפן OA (3 קג. אין מאַשטאַב), דערנאָך איז זי געשטיגן פאַר 3 מינ. ביז CC_1 (5 קג.), דערנאָך ווידער געפאַלן פאַר 1 מינ. ביז DD_1 (1 קג.). די אַרבעט אויף דעם גאַנצן וועג וועט ווייזן דער **שטח** פון דער פיג. $OABCDD^1$ ווייל די אַרבעט דריקט זיך אויס דורכן פראָדוקט פון קראַפט אויפן וועג און געאָמעטריש וועט עס זיין אַ שטח. דעם מאַשטאַב פון דער אַרבעט נעמט מען אַזוי: אויב 1 מ. וועג איז געוועזן 4 ממ. און 1 קג. קראַפט צ. ב. 5 ממ., דאַן וועלן יעדע 5×4 גלייך 20 ממ. קוו. ווייזן 1 קגמ. אַרבעט.



צייכ. 27

אויפגאַבעס. 1) באַם שפּרינגען האָט אַ טורנער, וואָס וועגט 64 קג. אויפגעהייבן זיין קערפּער אויף 1,2 מ. וויפל אַרבעט האָט ער דערביי אַרויסגעגעבן? 2) אַ ניימאַשין פאָדערט אַ לייסטונג פון 1 דרייסיקסטל מ. פ. וויפל אַרבעט גיט אַרויס אַ נייטאָרין, ווען זי אַרבעט 40 מינוט אויף דער מאַשין אָן אויפהער? 3) ווען אַ מענטש גייט אין אַן האָריזאָנטאַלער ריכטונג אַ געוויסן וועג, פאָדערט זיך $^1/_{15}$ פון דער קראַפט, וועלכע מען דאַרף כדי זיך אויפהייבן אויף דערזעלבער שטרעקע אין ווערטיקאַלער ריכטונג. אַ פוסגייער מאַכט דורך 4 קמ. אַ שעה; אויסרעכענען זיין אַרבעט און לייסטונג פאַר דער צייט. 4) אַ קערפּער, וואָס וועגט 300 קג., איז פריי אַראָפּגעפאַלן פון אַ הייך פון 62 מ. אויסרעכענען די אַרבעט, וואָס די שווערקראַפט האָט דערביי אַרויסגעגעבן; אויסרעכענען די צייט פון פאַלן און די לייסטונג פון דער שווערקראַפט. 5) אין דעם ניאַגאַראַ-וואַסערפאַל פאַלט יעדע מינוט ביי 450000 מ. קוב. וואַסער פון אַ הייך באַ 50 מ; אויסרעכענען די לייסטונג פון דער שווערקראַפט דערביי (ווייטערדיקע אויפגאַבעס צום סוף פון קאַפּיטל).

§ **26 רייבונג.** די שטערונגען, וועלכע די קערפּערס, און טיילן פון מאַשינעס, באַגעגענען אין זייער באַוועגונג און דאַרפן זיי איבערשטאַרקן בילדעט די רייבונג. רייבונג באַקומט זיך שטענדיק און אומעטום, וואו איין קערפּער באַרירט זיך מיט אַ צווייטן בעת דער באַוועגונג, מעגן דיביידע קערפּערס זיין סיי אין האַרטן, סיי אין פליסיקן, סיי אין גאַזיקן צושטאַנד.

די רייבונג איז אַזויאַרום אַ קראַפט, וועלכע אַנטשטייט בעת דער באַוועגונג און ווירקט אַנטקעגן דער באַוועגונג, ד. ה. זי שוואַכט אָפּ דער באַוועגונג, אָדער דערלאָזט איר אינגאַנצן נישט. די רייבונג ווירקט אויף דער פלעכע, וואו די קערפּערס באַרירן זיך.

כדי זיך צו דערקלערן די ווירקונג פון דער רייבונג, דאַרפן מיר זיך פאָרשטעלן די פלעכעס פון צוויי זיך באַרירנדיקע האַרטע קערפּערס ווי אויף צייכ. 28: ווי גלאַט די באַרירונג-פלעכעס זאָלן נישט זיין, פאַרמאָגן זיי ביידע בערגלעך און טאָלן (ווי מען זעט עס דורך אַ שטאַרקער פאַרגרעסער-גלאָז), וועלכע שטעקן זיך אַריין איינע אין די אַנדערע, ווי ציינדלעך, און שטערן דער באַוועגונג; ווען איין קערפּער באַוועגט זיך איבערן צווייטן, מוזן זיך דידאָזיקע בערגלעך אָפּרייסן, אויסגלעטן און דאָס נעמט צו אַרבעט, אָפּשוואַכנדיק דער באַוועגונג.



צייכ. 28

אין פיסיקייטן און גאַזן באַקומט זיך די רייבונג אויך צוליב דעם, וואָס די טיילכעלעך ווערן אָפּגעריסן איינע פון דער אַנדערער, ד. ה. מען דאַרף איבערשטאַרקן די מאָלעקולאַרע צוציונג, און דאָס שוואַכט אויך אָפּ דער באַוועגונג.

מיר אונטערשיידן עטלעכע מינים רייבונגען פון האַרטע קערפּערס: א) **גליטש-רייבונג**, ווען איין האַרטער קערפּער גליטשט זיך איבערן צווייטן בעת זיין באַוועגונג איבער אים (צ. ב. די גליטשערס אויפן אייז); ב) **ראָל-רייבונג**, ווען איין האַרטער קערפּער ראָלט זיך איבערן צווייטן בעת זיין באַוועגונג איבער אים (צ. ב. די רעדער פון ראָווער איבער דער ערד); ג) **רייבונגען פון ביזעס, שטריק, קייטן, פּאַסן**, וועלכע מיר זעען אין פאַרשיידענע מאַשינען.

גליטש-רייבונג. דורך אויספאָרשונגען פון דער גליטש-רייבונג איז דערוויזן געוואָרן אַז:

1) די רייבונג איז פּראָפּאָרציאָנעל צו דער קראַפט, וועלכע דריקט צו דעם באַוועגלעכן קערפּער פּערפּענדיקולער צו דער פלעכע, אויף וועלכער ער באַוועגט זיך;

2) די רייבונג איז נישט אָפּהענגיק פון דרוק, ד. ה. פון שטח אויף וועלכן די קראַפט ווערט פאַרטיילט; דער באַוועגלעכער קערפּער מעג זיך

באַרירן מיט דער אומבאַוועגלעכער פלעכע סיי אויף אַ גרויסן, סיי אויף אַ קליינעם שטח — די רייבונג בלייבט דיזעלביקע;

3) די רייבונג איז עטוואָס גרעסער אין אָנהייב פון דער באַוועגונג, ד. ה. ווען דער באַוועגלעכער קערפּער דאַרף זיך רירן פון אָרט איז די רייבונג גרעסער ווי שפּעטער אין גאַנג;

4) די רייבונג איז פאַרשיידן פאַר פאַרשיידענע שטאָפן; די רייבונג פון אייזן אויף אייזן, צ. ב. איז קלענער ווי די רייבונג פון האָלץ אויף האָלץ;

5) די רייבונג איז קלענער צווישן גלאַטע פּאָלירטע פלעכעס, ווי צווישן רויע, ווייל וואָס גלאַטער אַ פלעכע איז, אַלץ קלענער זענען די בערגלעך און טאָלן אויף איר, וועלכע רופן אַרויס דער רייבונג;

6) די רייבונג איז קלענער, ווען די פלעכעס, וואו די רייבונג קומט פאָר, ווערן געשמירט. ווייל אין דעם געשמירטן אָרט רייבט זיך שוין אַ פליסיקייט אָן אַ פליסיקייט (די שמירעכץ) און די רייבונג צווישן פליסיקייטן איז קלענער ווי צווישן האַרטע קערפּערס.

פאַר יעדע פּאָר קערפּערס, פון דעמזעלביקן אָדער פון פאַרשיידענע שטאָפן, וועלכע באַוועגן זיך מיט אַ גליטש-רייבונג, איז אויסגעפונען געוואָרן עקספּערימענטאַל אַ צאָל, וועלכע הייסט קאָעפיציענט פון רייבונג, וואָס ווייזט דעם חלק, וואָס די רייבונג באַטרעפט פון דער קראַפט, וועלכע דריקט צו דעם באַוועגלעכן קערפּער פּערפּענדיקולער צו דער פלעכע, אויף וועלכער ער באַוועגט זיך.

דער קאָעפיציענט פון רייבונג פון שמיד-אייזן אויף שמיד-אייזן צ. ב. באַטרעפט באַ 0,4, ד. ה. ווען ביידע שטיקער אייזן ווערן צוגעדריקט איינער צום צווייטן מיט אַ קראַפט פון 100 קג. וועט די רייבונג באַטרעפן 0,4 פון דעם, ד. ה. 40 קג.

עס איז קלאָר, אַז כדי צו באַוועגן איין קערפּער איבערן צווייטן, דאַרף מען איבערשטאַרקן דער רייבונג צווישן זיי, וועלכע שטערט דער באַוועגונג. ווען מיר דעם באַוועגלעכן קערפּער און די פלעכע, אויף וועלכער ער באַוועגט זיך אויספּאָלירן, אָנשמירן, דאַן וועט דער קאָעפיציענט פון רייבונג זיין אַ סך קלענער. דאָ גיבן מיר עטלעכע קאָעפיציענטן פון גליטש-רייבונג (דורכשניטלעך און אַלגעמיין)

מעטאַלענע צאַפּנס אין מעטאַלענע לאַגערס:

זעלטן געשמירט — 0,20 ; שוואך געשמירט — 0,08 ; גוט געשמירט — 0,05.
פלייניקע מעטאַלענע פלעכעס :
טרוקענערהייט — 0,25 ; שוואַך געשמירט — 0,20 ; גוט געשמירט — 0,10.
מעטאַל אויף האָלץ :

טרוקענערהייט—0,50 ; שוואך געשמירט—0,20 ; מיט חלב—0,08 ;

האָלץ אויף האָלץ : טרוקענערהייט — 0,4 ; געשמירט מיט זייף — 0,16.

ווי מיר זעען, איז דער שמירן פון די באַוועגלעכע טיילן פון מאַשינעס, ווי אויך דער אָפּטאָקן זיי גלאַט (און אָפּטמאָל פּאָלירן) זייער אַ וויכטיקער מיטל צו פאַרקלענערן די רייבונג און אַזויאַרום שפּאָרן אין קראַפט, וועלכע טרייבט דער מאַשין.

ראָל־רייבונג באַקומט זיך, ווי מיר ווייסן, ווען אַ קערפּער (אַ ראָד צ. ב.) ראָלט זיך איבערן צווייטן. דאָ באַקומט זיך די שטערונג פון דעם, וואָס דער באַוועגלעכער קערפּער קוועטשט איין דער פלעכע, אויף וועלכער ער באַוועגט זיך (ווי די וואָגן־רעדער קוועטשן איין פרישע ערד) אַזוי, אַז אונטערן באַוועגלעכן קערפּער באַקומט זיך אַ גריבל, פון וועלכער דער קערפּער דאַרף אַרויסגעצויגן ווערן. די איינקוועטשונג באַקומט זיך אַפילו אין האַרטע מעטאַלענע פלעכעס.

עקספּערימענטאַלע אויספאָרשונגען האָבן דערוויזן, אַז :

1) די ראָל־רייבונג ווענדט זיך אויך פון דעם מאַטעריאַל פון די זיך באַרירנדיקע קערפּערס ;

2) די ראָל־רייבונג איז פאַרקערט־פּראָפּאָרציאָנעל צום ראַדיוס פון דעם זיך ראָלנדיקן קערפּער, ד. ה. וואָס גרעסער זיין ראַדיוס, אַלץ קלענער די ראָל־רייבונג.

3) די גלאַטקייט פון די פלעכעס, וועלכע באַרירן זיך ביים ראָלן, פאַרקלענערט אויך דער ראָל־רייבונג.

4) ביי דיזעלביקע מאַטעריאַלן און ווירקנדיקע קרעפטן איז די **ראָל־רייבונג קלענער פון דער גליטש־רייבונג.**

רייבונג פון פּאַסן, ביזעס, קייטן נעמט זיך פון דעם, וואָס די־דאָזיקע קערפּערס דאַרפן זיך אויסקרימען, אויסבייגן, באַם צרויפלויפן אויף דער שייבע, אָדער ראָד, און דערנאָך זיך ווידער אויסגלייכן ביים צראָפּ־לויפן פון זיי. אין קייטן קומט פאָר דערביי אַ רייבונג צווישן די איינצלנע רינגען אירע ; און פּאַסן און ביזעס קומט פאָר די רייבונג אין דעם מאַ־

טעריאַל, צווישן די באַזונדערע פעדים זיינע, וועלכע רוקן זיך אַראָפּ איי-
נער פון אַנדערן, ווען דער פּאַס, אָדער ביזע, ווערן אויסגעבויגן (באַם
בייגן אַ בינטל ריטלעך, רוקן זיך די ריטלעך אָפּ איינער פון אַנדערן). וואָס
שטייפער דער פּאַס, ביזע, קייט איז אָנגעצויגן אויף דער שייבע (ראָד),
אַלץ שטאַרקער איז די רייבונג. וואָס דיקער דער פּאַס (ביזע, קייט) איז,
אַלץ גרעסער איז די רייבונג, וואָס גרעסער עס איז דער ראַדיוס פון דער
שייבע, (ראָד, האָלץ) אַלץ קלענער איז די רייבונג, ווייל דער פּאַס (ביזע,
קייט) דאַרף זיך ווייניקער אויסקרימען.

די רייבונג פון פליסיקייטן און גאַזן אָן אַ האַרטן קערפּער,
וועלכער באַוועגט זיך אין זיי, באַקומט זיך פון דעם, וואָס דער קערפּער
דאַרף זיך אָנקלאַפּן אָן דער פליסיקער, אָדער גאַזיקער סביבה, און אָפּ-
טרייבן די טיילכעלעך פון דעם אָרט, וואָס ער דאַרף פאַרנעמען. עקספּע-
רימענטאַלע אויספאָרשונגען האָבן דערוויזן, אַז:

1) דער ווידערשטאַנד פון אַ פליסיקער אָדער גאַזיקער סביבה, איז
אַלץ גרעסער, וואָס גרעסער עס איז די ספּעציפישע וואָג פון דער סביבה.

2) דער ווידערשטאַנד פון אַ פליסיקער אָדער גאַזיקער סביבה שטייגט
מיטן קוואַדראַט פון דער געשווינטקייט פון קערפּער, וועלכער באַוועגט זיך
אין זיי, ד. ה. ווען די געשווינטקייט פון קערפּער, ווערט מיט 2, 3, 4
א. אַז. וו. מאָל גרעסער ווי פריער, ווערט דער ווידערשטאַנד מיט 4 (2×2),
9 (3×3), 16 (4×4) א. אַז. וו. מאָל גרעסער ווי פריער.

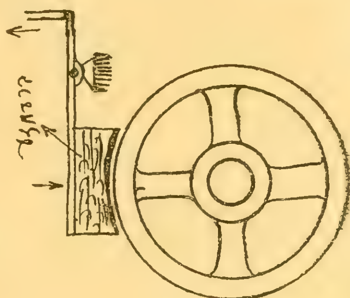
3) דער ווידערשטאַנד פון אַ פליסיקער אָדער גאַזיקער סביבה ווענדט
זיך אָן דער פאָרעם פון האַרטן קערפּער, וועלכער באַוועגט זיך אין זיי
(די פאָרעם פון קערפּער ביי פייגל און פיש).

רייבונג, פאַרשטייט זיך, באַקומט זיך אויך דאַן, ווען אַ פליסיקייט
אָדער גאַז באַוועגט זיך אין אַ קאַנאַל, רער, א. אַז. וו. אין אַזעלכע פאַלן
האָט אויך אַ באַדייטונג דער מאַטעריאַל פון דער ווענטל, ווי אויך די
ספּעציפישע וואָג פון פליסנדיקן שטאָף.

אין די אַלע אויסגערעכנטע מינים פון רייבונג האָבן מיר איר באַטראַכט
ווי אַ שטערונג אַנטקעגן דער באַוועגונג, ווייל זי נעמט צו אַרבעט, כּדי
איר איבערצושטאַרקן. מיר טרעפן אָבער אויך אַ גאַנצע ריי דערשיינונגען,
וואו די רייבונג ברענגט אונז גרויסן נוצן. ווען נישט די רייבונג אונטער
די פּאָדעשוועס פון אונזערע שיך וואָלטן מיר נישט געקענט גיין (ווי גייט
זיך אויף גלאַטן אייז?!). מיר שיטן זאַמד אויף אַ גליטשיקן אָרט, כּדי

ספעציעל צו פאַרגרעסערן די רייבונג צווישן פוס און דעם אָרט. ביים גאַנג שפּאַרן מיר אָן נאָכאַנאַנד די פיס אויף דער ערד און שטויסן אָפּ דעם קערפּער פאָרויס. אַ דאַנק דער רייבונג איז דער אָנשפּאַר אַ זיכערער, ווען קיין רייבונג איז נישטאָ, גליטשן מיר זיך אויס און פון זעלביקן אָפּשטויס פאַלן מיר אום. ווען נישט די רייבונג צווישן די פּאַסן און ביזעס אָן דער שייבע, אויף וועלכער זיי לויפן, וואָלטן זיי נישט געקענט מיטשלעפּן דער שייבע און איבערגעבן אַרבעט פון איין וואַל אויפן צווייטן: זיי וואָלטן זיך געגליטשט אויף דער שייבע, אָבער נישט געדרייט איר.

די ווירקונג פון פאַרשיידענע מינים ברעמזעס (טאָרמאָזן) שטיצט זיך אויף דעם, וואָס די רייבונג פון דער ברעמזע שלינגט איין דער אינערציע פון דעם זיך באַוועגנדיקן קערפּער און שטעלט אים אַזוי־אַרום אָפּ (צייכ. 29). אַ טשוואָק האַלט זיך אין מאַטעריאַל, אין וועלכן ער איז אַריינגעשלאָגן, אַ דאַנק נאָר דער רייבונג, ווייל נישט די קראַפט, מיט וועלכן דער מאַטעריאַל קלעמט אים איין, האַלט דעם טשוואָק אין דער גריבל (זי ווירקט נישט אַנטקעגן דעם אַרויסציען), נאָר די רייבונג. די ווירקונג פון שרויפן, קלינעס, וועלכע דינען צום האַלטן פעסט צוויי



צייכ. 29

קערפּערס שטיצט זיך אויך אויף דער רייבונג. אַזוי־אַרום אונטערשיידן מיר **נוצלעכע רייבונג**, וועלכע מאַכט ערשט מעגלעך אַ באַוועגונג, אָדער דינט צו אַנדערע פאַר אונז וויכטיקע צוועקן, און **שעדלעכע רייבונג**, וועלכע שטערט דער געוואונטשענער באַוועגונג און שלינגט איין איבעריקע אַרבעט, מיט וועלכער מען דאַרף די שטערונגען איבערשטאַרקן. צ. ב. די רייבונג צווישן פּאַס און דער שייבע איז אַ נוצלעכע, אָבער די רייבונג צווישן דער שייבע און דעם וואַל, אויף וועלכן זי דרייט זיך, איז פאַר אונז אַ שעדלעכע.

אויפגאַבעס. 1) דער קאָעפיציענט פון רייבונג צווישן די אייזערנע שינעס פון אַ שליטן און דעם שניי באַטרעפט 0,02; מיט וואָס פאַר אַ קראַפט דאַרף ציען דער פערד דעם שליטן, וועלכער וועגט שוין מיט דער משא 0,8 טאָן, אויף אַ האָריזאָנטאַלן וועג? (צו וואָס גיבן מיר אָן, אַז דער וועג איז האָריזאָנטאַל?) 2) אויסרעכענען די לייסטונג פון פערד

פון דער פריערדיקער אויפגאַבע, אויב ער שלעפּט דעם שליטן מיט אַ גע-שווינטקייט פון 3,2 קמ.: ש. 3) אויסרעכענען די לייסטונג פון אַ לאָקאָמאָטיוו, וועלכער שלעפּט אויף אַן האָריזאָנטאַלן וועג אַ צוג פון 400 טאָן מיט אַ געשווינטקייט פון 40 קמ: ש., אויב דער קאָעפיציענט פון רייבונג באַטרעפט באַ 0,007 און די גאַנצע אַרבעט גייט צום איבערשטאַרקן דער רייבונג. 4) אַ מיטלמעסיקער פערד ציט דעם וואָגן מיט אַ קראַפט פון 75 קג. באַ אַ געשווינטקייט פון 4 קמ.: ש.; אויסרעכענען די לייסטונג אין מ. פ. 5) דעם קאָעפיציענט פון רייבונג אויף אַ זאַמדיקן וועג קען מען אָננעמען באַ 0,2, אויף אַ גוטן שאָסיי באַ 0,06; נעמענדיק די ציפער פון דער פריערדיקער אויפגאַבע, אויסרעכענען וויפל משא אַ פערד קען פירן אויף אַ זאַמדיקן וועג און אויף אַ גוטן שאָסיי, אויב דער וואָגן אַליין וועגט 0,3 טאָן.

פראַגעס. דערקלער פאָלגנדיקע דערשיינונגען: 1) קוילן פאַר ביקסן ווערן געמאַכט שפּיציק; 2) אַ טייך פליסט אינמיטן געשווינטער ווי ביי די ברעגעס און פון אויבן געשווינטער ווי ביים דעק; 3) פון זאַמד לאָזט זיך אָנשיטן אַ קאָנישער בערגעלע, פון וואַסער—נישט; 4) אַ צאַפּן אין אַ לאַגער דרייט זיך פון אָנהייב שווערער ווי נאָכדעם, ווען ער האָט שוין געאַרבעט אַ לענגערע צייט; 5) צום באַוועגן אַ שווערע משא איבער דער ערד, לייגט מען אונטער איר אַרונטער קלעצלעך; 6) מען לייגט אַוועק אַ רונדן בליישטיפט אויף דער גענייגטער ברעט פון שולבאַנק אַזוי, אַז דער בליי-שטיפט זאָל אויסקומען פּאַראַלעל צום ראַנד פון דער ברעט, דאַן קוילערט ער זיך אַראָפּ לייכט; ווען דער בליישטיפט קומט אויס פּערפּענדיקולער צום ראַנד פון ברעט בלייבט ער ליגן; 7) וויקלט מען אַן איין עק פון אַ שטריק עטלעכע מאָל אַרום אַ באַלקן, נישט מאַכנדיק קיין קניפּל, דאַן קען מען אויפן צווייטן עק פון שטריק אָנהענגען אַ היפּשע משא און דער שטריק וועט זיך נישט אַראָפּוויקלען פון באַלקן; 8) פאַרוואָס האַלט זיך אַ קניפּל פעסט? 9) שלעפּן אַ שיפל אויפן וואַסער איז לייכטער ווי אויפן זאַמד פון ברעג (ביליקייט פון טראַנספּאָרט מיטן וואַסער).

§ 27. ענערגיע, קינעטישע און פּאָטענציעלע. פון דער דערפאַרונג ווייסן מיר, אַז פון אַ סך קערפּערס קען מען אַרויסבאַקומען אַרבעט, אַ דאַנק זייער צושטאַנד פון באַוועגונג, אָדער זייער לאַגע, אָדער זייערע אינערלעכע כעמישע אייגנשאַפטן. אַ פליסנדיקער וואַסער, אַ ווינט,

ד. ה. זיך באַוועגנדיקע לופט, קענען אַרויסגעבן אַרבעט מיט דער הילף פון דער איינריכטונג פון אַ וואַסער-מיל אָדער ווינט-מיל. שיס-פולווער קען אויך אַרויסגעבן אַרבעט, ווייל מיר זעען, אַז נאָכן אָנצינדן דעם פולווער אין ביקס באַקומט זיך אַ קראַפט, וועלכע יאָגט דער קויל ווייט אַוועק און גיט אַרויס אַזויאַרום אַרבעט. די אויפגעהייבענע געוויכט פון אַ וואַנג-זייגער, אָדער די אָנגעצויגענע פעדער זיינע, פאַרמאָגן אויך די פעיקייט אַרויסצוגעבן אַרבעט, ווייל זיי באַוועגן די מאַשינעריע פון זייגער אַ היפּשע צייט. באַוועגלעכע וואַסער און לופט (ווינט) גיבן אַרויס אַרבעט, אַ דאַנק דער באַוועגונג זייערער; די פולווער—אַ דאַנק אירע כעמישע אייגנשאַפטן; די געוויכט פון זייגער אַ דאַנק איר אויפגעהייבענער לאַגע אַנטקעגן דער ערד; די אָנגעצויגענע פעדער אַ דאַנק איר עלאַסטישקייט, וועלכע באַקומט זיך פון אָנדרייען איר.

די פעיקייט אַרויסצוגעבן אַרבעט הייסט ענערגיע.

אַזויאַרום פאַרמאָגן ענערגיע די אויסגערעכנטע קערפּערס: פליסנדיקע וואַסער און לופט, פולווער, אַן אויפגעהייבענער געוויכט, אַן אָנגעצויגענער פעדער א. אַ.

מיר אונטערשיידן עטלעכע מינים ענערגיע:

מעכאַנישע ענערגיע, וועלכע דריקט זיך אויס אין באַשיינפּערלעכער באַוועגונג, וואָס דער מקור פון ענערגיע רופט אַרויס (ווינט, פליסנדיקער וואַסער).

כעמישע ענערגיע, וועלכע באַקומט זיך נאָך אַ כעמישן פּראָצעס, ווי צ. ב. פאַרברענונג (ווי אין פולווער).

עלעקטרישע ענערגיע, וועלכע עס פאַרמאָגט אַן עלעקטרישער שטראָם (ווייל ער ברענגט דאָך אין באַוועגונג דעם עלעקטרישן מאָטאָר).

טערמישע ענערגיע, וועלכע עס פאַרמאָגט אַן אָנגעוואַרעמטער קערפּער.

שטראַלן-ענערגיע, וועלכע עס פאַרמאָגן די שטראַלן, וואָס די זון און אַנדערע קערפּערס לאָזן אַרויס פון זיך.

די ענערגיע, וועלכע באַקומט זיך פון באַוועגונג, הייסט **קינעטישע ענערגיע**, ד. ה. די **באַוועגונגס-ענערגיע**; די ענערגיע, וועלכע איז באַהאַלטן אין אַ רוענדיקן קערפּער (ווי די אויפגעהייבענע געוויכט, די אָנגעצויגענע פעדער) הייסט **פּאָטענציעלע ענערגיע**, ד. ה. **רו-ענערגיע**.

אין דער נאַטור זעען מיר אויף יעדן טריט ווי איין מין ענערגיע

ווערט פאַרוואַנדלט אין אַ צווייטן מין: אָט ציען מיר אָן מיטן האַנט דעם שטריקל פון אַ בויגן-שיסער, אָדער די גומעס פון אַ ראָגאַטקע: די מעכאַנישע קינעטישע ענערגיע פון אונזער האַנט-באַוועגונג איז פאַרוואַנדלט געוואָרן אין פּאָטענציעלער ענערגיע פון דעם געשפּאַנטן אויסגעבויגענעם האָלץ פון בויגן, אָדער אין די אָנגעצויגענע גומעס פון דער ראָגאַטקע; מיר לאָזן אָפּ דעם שטריקל פון בויגן, אָדער פון דער ראָגאַטקע: דער פייל פון בויגן, דער שטיינדל פון דער ראָגאַטקע, פליען אַרויס, ד. ה. די פּאָטענציעלע ענערגיע פון די אָנגעצויגענע בויגן און גומע איז צוריק פאַרוואַנדלט געוואָרן אין קינעטישער ענערגיע פון פליענדיקן פייל, אָדער שטיינדל.

נאָך אַ ביישפּיל: די וואַרעמקייטס-ענערגיע פון די זון-שטראַלן וואַרעמט אָן די וואַסערן אויף דער ערד, עס באַקומט זיך דאַמף, וועלכער שטייגט אַרויף אינדערהייך (פאַרוואַנדלונג פון טערמישער ענערגיע אין מעכאַנישער; די וואַסערן פון די וואָלקנס אינדערהייך פאַרמאָגן איצט פּאָטענציעלע ענערגיע (ווי די אויפגעהייבענע געוויכט פון זייגער). עס פאַלט אַ רעגן (די פּאָטענציעלע ענערגיע פאַרוואַנדלט זיך אין מעכאַנישער); די רעגן-וואַסערן פליסן פון אַ באַרג אַראָפּ און דרייען דעם ראָד פון אַ וואַסער-מיל מיט אַן עלעקטרישער מאַשין (פאַרוואַנדלונג פון מעכאַנישער ענערגיע אין עלעקטרישער); דער שטראָם פון דער מאַשין גייט דורך דראָטן אין די לעמפּלעך, וועלכע הייבן אָן אַרויסצוגעבן ליכטיקייט (שטראַלונגס-ענערגיע) און וואַרעמקייט (טערמישע ענערגיע).

אַזויאַרום זעען מיר, אַז אַלע דערשיינונגען פון דער אַרומיקער נאַטור, סיי פיזיקאַלישע, סיי כעמישע, דאָס איז אייגנטלעך אַ גאַנצע קייט פון איבערגאַנגען, פון פאַרוואַנדלונגען פון איין מין ענערגיע אין אַ צווייטן.

די ענערגיע, וואָס אַ באַוועגלעכער קערפּער פאַרמאָגט, קען געמאָסטן ווערן מיט דעם סך אַרבעט, וואָס ער גיט אַרויס. אַזוי צ. ב. ווען אַ מאַסע וואַסער פון 1 קג. איז אויפגעהייבן איבער דער ערד אויף 1 מ. פאַרמאָגט זי אַ פּאָטענציעלע ענערגיע פון 1 קגמ., ווייל ווען זי וועט אַראָפּפאַלן וועט זי קענען דידאָזיקע אַרויסגעבן. אַזויאַרום, איז די באַקומענע קינעטישע ענערגיע פון אַ קערפּער גלייך צו דער פּאָטענציעלער ענערגיע, וואָס איז אויף דעם פאַרברויכט געוואָרן. ווען אַ קערפּער האָט פאַרמאָגט צ. ב. 1000 קגמ. פּאָטענציעלע ענערגיע קענען זיך פון אים באַקומען נישט מער ווי ריכטיק אַזויפיל קגמ. קינעטישער ענערגיע.

פראַגעס און אויפגאַבעס: 1) די 2 געוויכטן פון אַ זייגער וועגן 3 קג; זיי ווערן ביים אָנדרייען אויפגעהייבן אויף 80 צמ. און באַוועגן דעם זייגער 5 מעת-לעת. אויסרעכענען די פּאָטענציעלע ענערגיע פון די אויפגעהייבענע געוויכטן, און וואָס פאַר אַ לייסטונג עס פאָדערט צום גאַנג דער מעכאַניזם פון זייגער? 2) וויפל ענערגיע פאַרמאָגט די וואַסער פון אַ וואָלקן, 1,2 קמ. איבער דער ערד, וועלכער פאַלט שפּעטער אַראָפּ אין אַ רעגן, וואָס דעקט צו אַ שטח פון 20 קמ.קוו. מיט אַ שיכט פון 30 ממ. די הייך? 3) אַ פּילקע פאַלט פריי אַראָפּ ווערטיקאַל פון אַ הייך פון 4 מ. ווי הויך קען זי זיך אויפהייבן ביים אָפּשפּרינגען? פאַרוואָס זעען מיר עס נישט אין דערווירקלעכקייט? וועלכע שטערונגען שלינגען איין אַ טייל פון דער ענערגיע? ווי דאַרף מען אַראָפּוואַרפן די פּילקע, כדי זי זאָל אָפּשפּרינגען העכער פון דעם אָרט, פון וועלכן מ'האָט איר אַראָפּגעוואָרפן? וואו נעמט זיך די ענערגיע פאַרן העכערן אָפּשפּרונג? 4) אין אַן עמער, אָנגעפילט אויף דער העלפט מיט וואַסער, וואַרפט מען אַריין אַ פערטל עמער זאַמד און די וואַסער הייבט זיך אויף איבערן זאַמד. פונוואַנען נעמט זיך די ענערגיע צום הייבן די וואַסער? 5) ביים אַריינקלאַפּן אַ פּאַלע אין דער ערד, ווערט אויף איר אַראָפּגעלאָזן אַ „באַבע“ (אַ שווערער קלאָץ פון אייזן אָדער האָלץ) פון 0,5 טאָן וואָג פון אַ הייך פון 5 מ. און די פּאַלע זעצט זיך אַראָפּ אויף 1 צמ. טיף. וויפל קגמ. אַרבעט דאַרף מען פאַרברויכן, כדי אַריינצוזעצן די פּאַלע אויף 1,5 מ. טיף? צום הייבן דער באַבע אַרבעטן 20 מאַן 8 שעה טעגלעך און מאַכן פאַר דער צייט 3000 קלעפּ. אויסרעכענען די לייסטונג פון יעדן אַרבעטער. 6) אַ שילער לויפט אַרויף אויף טרעפּ אַ הייך פון 9 מ. אין 40 סעק.; אויסרעכענען די לייסטונג, אויב די וואָג פון זיין קערפּער באַטרעפט 60 קג.

§ 28 רעכנערישע אויפגאַבעס. 1) צוויי קערפּערס גייען דורך אין גלייכמעסיקער באַוועגונג דיזעלביקע שטרעקע, איינער אין 10 סעק., דער צווייטער אין 60 סעק.; די געשווינטקייט פון ערשטן באַטרעפט 15 מ:סעק., אויסרעכענען די געשווינטקייט פון צווייטן (נישט געפונענדיק דעם וועג!) 2) צוויי צוגן לויפן אויף פּאַראַלעלע שינעס איינער מיט אַ געשווינטקייט 12 מ:סעק., דער צווייטער 18 מ:סעק.; מיט וואָס פאַר אַ געשווינטקייט באַוועגט זיך איין צוג אַנטקעגן דעם צווייטן, ווען זיי לויפן: א) אין איין ריכטונג, ב) אין פאַרשיידענע ריכטונגען; ווי לאַנג

וו;לן די צוגן לויפן איינער פאַרביי דעם צווייטן אין יעדן פון דידאָזיקע פאַלן, ווען די לענג פון יעדן צוג באַטרעפט 90 מ?

3) צוויי שייבעס שליסן זיך דורך איין פאַס; דער דיאַמעטער פון איינער באַטרעפט 72 צמ. און זי מאַכט 240 טור: מינ.; דער דיאַמעטער פון דער צווייטער איז 0,54 מ.; אויסרעכענען די צאָל טורן פון דער קלענערער שייבע (די ליניאַלע געשווינטקייטן פוןביידע שייבעס זענען גלייך, ווייל זיי שליסן זיך דורך איין פאַס)

4) אַ קערפּער רירט זיך פון אָרט גלייכמעסיק–פאַרשנעלערט און פאַר דער פינפטער סעקונדע פון זיין באַוועגונג איז ער איינגעגאַנגען 72 מ. אויסרעכענען, וואָס פאַר אַ שטרעקע ער איז איינגעגאַנגען פאַר דער ערשטער סעקונדע.

5) אַ קויל פליט מיט אַ געשווינטקייט פון 400 מ: סעק. און זעצט זיך אַריין אין אַ באַרג אויף 2 מעטער טיף; אויסרעכענען וויפל צייט איז עס געגאַנגען אין באַרג (גלייכמעסיק פאַרלאַנגזאַמטע באַוועגונג).

6) גיב אָן גראַפיש אויף מילימעטער-פּאַפּיר פאָלגנדיקע באַוועגונג: אַ קערפּער רירט זיך פון אָרט גלייכמעסיק פאַרשנעלערט און דערגרייכט אין 5 סעק. די געשווינטקייט פון 4 מ: סעק.; נאָך דער פינפטער סעקונדע באַוועגט ער זיך ווייטער מיט דער באַקומענער געשווינטקייט 8 סעק.; נאָך די 8 סעק. הייבט ער זיך אָן צו באַוועגן גלייכמעסיק – פאַרלאַנגזאַמט און שטעלט זיך אָפּ אינגאַנצן אין 10 סעק. אַרום; דעם מאַשטאַב נעמען: (1 סעק.=5 ממ., 1 מ.: סעק.=10 ממ:); וויפל וועט זיין דער מאַשטאַב פון וועג? אויסרעכענען דעם שטח פון דער פיגור און געפינען צייכנעריש דעם דורכגעגאַנגענעם וועג; אויסרעכענען דעם וועג אַריטמעטיש און זעען צי ביידע ענטפערן שטימען.

7) פאַר אַ שטריק ציען צוויי גרופּעס קינדער: די קינדער פון דער ערשטער גרופּע ציען מיט די קרעפטן: 15 קג., 20 קג., 12 קג., און 18 קג.; אין דער צווייטער גרופּע: 14 קג. 25 קג. 10 קג. 16 קג. וועלכע גרופּע וועט איבערציען? אויסרעכענען דעם צוג אין שטריקל, אויב דער שטח פון זיין קווערשניט באַטרעפט 2,5 צמ. קוו.

8) איינער ציט אַ האקן פון פאָלאָפּ דורך אַ שטריק, וועלכער איז גענייגט צום פאָלאָפּ מיט אַ ווינקל פון 70 גראַד, מיט אַ קראַפט פון 24 קג.; אויסגעפינען גראַפיש, וואָס פאַר אַ קראַפט וועט ציען דעם האקן ווערטיקאַל אַראָפּ, און וואָס פאַר אַ קראַפט וועט בויגן דעם האקן.

9) אַן אַרבעטער שטופּט אַ וואַגאָנעטקע מיט אַ קראַפט פון 20 קג. אין דער ריכטונג פון 60 גראַד צום האָריזאָנט; אויסרעכענען גראַפיש, וואָס פאַר אַ קראַפט וועט טרייבן

די וואַגאָנעטקע פאָרויס און וואָס פאַר א קראַפט וועט איר צודריקן צו די שינעס; אויסרעכענען די אַרבעט און לייסטונג פון מענטשן פאַר 1 שעה, אויב די וואַגאָנעטקע באַוועגט זיך מיט אַ געשווינטקייט פון 3,2 קמ:ש.

10) אַ שיפל מיט זיין לאדונג וועגט 16 טאָן; אַ פערד גייענדיק מיטן ברעג. שלעפט דעם שיפל מיט אַ קראַפט פון 80 קג.; דער שטריק איז גענייגט צו דער ריכטונג פון שיפל מיט אַ ווינקל פון 70 גר.; אויסרעכענען: א) די קאָמפּאנענטע קראַפט, וועלכע שלעפט דעם שיפל אין זיין ריכטונג, ב) דעם קאָעפיציענט פון רייבונג אָן די וואַסער, ד. ה. וואָס פאַר אַ הלק דידאָזיקע קאָמפּאנענטע מאַכט אויס פון וואָג פון שיפל.

11) אַן אָנגעלאָדענער וואַגאָן וועגט 30 טאָן; קאָעפיציענט פון רייבונג אָן די שינעס 0,008; ביי וועלכע נייגונג פון די שינעס צום האָריזאָנט וועט דער וואַגאָן גיין אַליין באַרג-אַראָפּ (געפינען צייכנעריש דעם ווינקל צום האָריזאָנט, ביי וועלכן די קאָמפּאנענטע פון דער וואָג פון וואַגאָן וועט זיין גלייך דער קראַפט, וואָס קען אים שלעפן איבער די שינעס! 12 דער ראַדיוס פון אַ שלייפשטיין באַטרעפט 0,35 מ.; דער געגנשטאַנד ווערט צוגעדריקט צום שטיין מיט אַ קראַפט 16 קג.; קאָעפיציענט פון רייבונג 0,4; דער שטיין מאַכט 90 טורן:מינ.; אויסרעכענען די לייסטונג פון מאָטאָר וואָס דרייט דעם שטיין.

פראַגעס. דערקלער פאָלגנדיקע דערשיינונגען: 1) אַ קג. זאַמד פאַלט פריי אַראָפּ פון האַנט אַ סך לאַנגזאַמער, ווי אַ שטיין פון 1 קג. וואָג. 2) אַ בוך, וואָס שטייט פעסט איינגעקוועטשט צווישן אַנדערע אויף דער פּאָליצע, איז שווער אַרויסצונעמען. 3) ווען אַ שליטל פאָרט אַראָפּ פון אַ באַרג, לויפט ער אַ לאַנגע צייט ווייטער אַליין. 4) ווען מען גיט אַ פּילקע אַ שטייס מיטן פוס, באַוועגט זי זיך אַלץ לאַנגזאַמער ביז זי שטעלט זיך אָפּ. 5) ווען מען גיט אַ שטייס דער פּילקע נישט געלונגען, קען זי לויפן נישט אין דער געוואונטשענער ריכטונג פון קלאַפּ. 6) אין וואַסער זינקט אַ שטיין אַראָפּ ווערטיקאַל אַ סך לאַנגזאַמער, ווי ער פאַלט פריי אין דער לופט (צוויי סיבות). 7) קוילערט מען אַ קאָנוס איבערן דיל, דאַן הייבט ער זיך אָן צו דרייען אַרום זיין שפּיץ. 8) די געשווינטקייט פון ווינט אין שטאָט איז אַ קלענערע, ווי אויפן פרייען פעלד, אויפן ים גרעסער ווי אויף דער יבשה, הויך איבער דער ערד גרעסער, ווי אויף דער ערד. 9) שווערע פּאַטעלן, פּיאַנעס מאַכט מען מיט רעדלעך

אויף די פיסעך. 10) פאָרנדיק אויפן ים זעט מען נישט די
באַוועגונג פון אייגענעם שיף. 11) ווען אַ וואָגן איז שווער
אָנגעלאָדן, איז צום שווערסטן רירן אים פון אָרט, שפּעטער אים שלעפּן
איז שוין לייכטער. 12) וואָס געשווינטער מען לויפט, אַלץ
שווערער איז זיך אָפּצושטעלן אָדער פאַרקערווען אין אַ זייט.
13) צום טרעפן אין עפּעס פון אַ ביקס, דאַרף מען צילעווען העכער.
14) פאָרט אַ שיפל מיטן וואַסער אַראָפּ, דאַן האַלט ער זיך בעסער אין
מיטן טייך; ווען ער פאָרט אַנטקעגן דעם וואַסער, האַלט ער זיך נענטער
צום ברעג. 15) בשעת מע פאָרט געשווינט איבערן ברוק טרייסלט
נישט אַזוי שטאַרק, ווי ווען מען פאָרט פּאַמעלעך.

III. איינפאַכע מאַשינעס, די ווירקנדיקע קרעפטן און זייער אַרבעט.

§ **29. מאַשין. דער הייבער.** מיטן נאָמען **מאַשין** באַצייכענען מיר אין דער פיזיקע אַן איינריכטונג, וועלכע דינט איבערצוגעבן אַרבעט פון אָרט, וואו זי ווערט געשאַפן, צום אָרט, וואו זי ווערט פאַרברויכט.

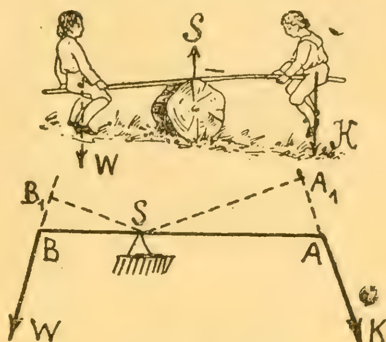
ווען מיר שערן צ. ב. עפּעס מיט אַ שער, דינט אונז די שער פאַר אַ מאַשין; דער אָרט, וואו מיר לייגן אַריין די אַרבעט פון אונזער מוסקול-קראַפט, זענען די אויערן פון דער שער; דידאָזיקע אַרבעט ווערט פאַרברויכט אין אַ צווייטן אָרט, צווישן די קלינגעס פון דער שער, צום איבערשטאַרקן דעם ווידערשטאַנד פון מאַטעריאַל, וועלכן מיר שערן.

די **קראַפט** פון אונזערע מוסקולן שאַפט דער אַרבעט, דער **ווידערשטאַנד** פון מאַטעריאַל פאַרשלינגט איר, פאַרברויכט איר.

ווי קאָמפּליצירט אַ מאַשינעריע זאָל נישט זיין, לאָזן זיך אירע באַזונדערע טיילן צעלייגן אין איינפאַכע מאַשינעס. די איינפאַכסטע מאַשינעס זענען: דער הייבער, דער בלאָק און דער גענייגטער פליין מיט זייערע קאָמבינאַציעס.

דער הייבער. אַ הייבער (צייכ. 30) דאָס איז אַ נישט בייגעוודיקער שטאַנג, וועלכער קען זיך דרייען אַרום אַ פּונקט (S), וועלכער הייסט אָנשפּאַר פון הייבער. אין איינפאַכסטן פאַל ווירקן אויפן הייבער צוויי קרעפטן: די קראַפט K און דער ווידערשטאַנד W. די פּונקטן (A און B), אויף וועלכע דידאָזיקע קרעפטן ווירקן דירעקט הייסן גרייף-פּונקטן: A איז דער גרייף-

פונקט פון דער קראַפט, B–דער גרייף־פונקט פון ווידערשטאַנד.
די פּערפּענדיקלען SA₁ און SB₁ וואָס זענען אַראָפּגעלאָזן פון אָנשפּאַר (S) אויף די ריכטונגען פון דער קראַפט און ווידערשטאַנד, הייסן די אַקסלען פון הייבער, SA₁ איז דער אַקסל פון דער קראַפט K, SB₁ – דער אַקסל פון ווידערשטאַנד W.



צייכ. 30

מיר אונטערשיידן עטלעכע מינים הייבערס:

צווייזייטיקער הייבער הייסט אַזאַ, ביי וועלכן די גרייף־פונקטן פון דער קראַפט און ווידערשטאַנד ליגן פון פאַרשיידענע זייטן (רעכטס און לינקס) פון אָנשפּאַר.

איינזייטיקער הייבער הייסט אַזאַ, ביי וועלכן די גרייף־פונקטן פון דער קראַפט און ווידערשטאַנד ליגן פון **דערזעלביקער** זייט (ביידע רעכטס אָדער לינקס) פון אָנשפּאַר.

גראַדליניקע הייבערס, ביי וועלכע די גרייף־פונקטן ליגן אויף איין גראַדער מיטן אָנשפּאַר: **געבראָכענע און קרומליניקע הייבערס**, ביי וועלכע דידאָזיקע פונקטן ליגן נישט אויף איין גראַדער.

די קראַפט (K) און דער ווידערשטאַנד (W) שטרעבן צו דרייען דעם הייבער אַרום זיין אָנשפּאַר (S) אין **פאַרשיידענע** ריכטונגען אויף דער צייכ. 30 איז די ריכטונג פון דער דרייונג באַ דער קראַפט K **מיטן זייגערווייזער**, די דרייונג באַם ווידערשטאַנד W **אַנטקעגן זייגער־ווייזער**.

די ווירקונג פון דער קראַפט און ווידערשטאַנד קען זיין אַזאַ, אַז דער הייבער וועט בלייבן אומבאַוועגלעך, אָדער וועט נישט ענדערן זיין גלייכמעסיקע באַוועגונג, אויב ער האָט איר פריער געהאַט; אין אַזאַ פאַל זאָגן מיר, אַז די ווירקונגען פון דער קראַפט און ווידערשטאַנד האָבן זיך קעגנזייטיק אויסגעגלאָשן, פאַרשלונגען.

אַזאַ צושטאַנד פון הייבער, ווען די קראַפט און ווידערשטאַנד ענדערן נישט זיין צושטאַנד פון רו, אָדער גלייכמעסיקער באַוועגונג פון פריער, הייסט **גלייכגעוויכט פון הייבער**. מיר זאָגן דאַן, אַז די קראַפט און דער ווידערשטאַנד **האַלטן זיך אין גלייכגעוויכט**.

§ 30. גליײַכגעוויכט פון הייבער. דריימאָמענט. די אַרבעט מיטן הייבער. לאָמיר באַטראַכטן די באַדינגונגען, בײַ וועלכע אַ הייבער בלייבט אין גלײַכגעוויכט אונטער דער ווירקונג פון אַ קראַפט און אַ ווידערשטאַנד. פון דער דערפאַרונג, וואָס מיר האָבן פון אַ ברעט־הוידע (צייכ. 30), ווייסן מיר, אַז וואָס שווערער עס איז איין „זייט", וואָס הוידעט זיך, אַלץ ווייניקער „ברעט" נעמט זי פאַר זיך, כדי עס זאָל זיך לייכט הוידען, ד. ה. קיין איין זייט זאָל נישט זיין אין איבערגעוויכט און די ברעט זאָל זיך לייכט וויגן. ווען די הוידע איז „איינגעשטעלט", בלייבן ביידע זייטן אין גליייכגעוויכט, אָדער זיי באַוועגן זיך גלייכמעסיק פון קלענסטן שטויס, צו וועלכן מיר שטרענגען זיך נישט אָן.

ווען מיר אָננעמען די וואָגן פון די פערזאָנען אויף דער הוידע פאַר אַ קראַפט (K) און ווידערשטאַנד (W), די לענג פון יעדער זייט פון ברעט ביזן אָנשפּאַר (S) אויף דער קראָץ פאַר אַן אַקסל, דאַן קענען מיר אויסדריקן דעם באַדונג פון גלייכגעוויכט פון הייבער אַזוי:

אַ הייבער געפינט זיך אין גלייכגעוויכט, ווען די אויף אים ווירקנ־דיקע צוויי קרעפטן פאַרהאַלטן זיך פאַרקערט פּראָפּאָרציאָנעל ווי זייערע אַקסלען, ד. ה. ווען די קראַפט איז מיט אַזויפיל מאָל קלענער (אָדער גרעסער) פון ווידערשטאַנד, מיט וויפל מאָל דער אַקסל פון דער קראַפט איז גרעסער (אָדער קלענער) פון אַקסל פון ווידערשטאַנד.

ווען מיר באַצייכענען (צייכ. 30) דעם אַקסל פון דער קראַפט (SA) דורך a, דעם אַקסל פון ווידערשטאַנד (SB) דורך b, דאַן קענען מיר דעם באַדונג פון גלייכגעוויכט פון הייבער אויסדריקן אַלגעבריש אַזוי:

$$K : W = b : a.$$

פון דערדאָזיקער פּראָפּאָרציע דרינגען מיר אַרויס, אַז

$K\ a = W\ b$, ד. ה.

אַ הייבער בלייבט אין גלייכגעוויכט, ווען דער פּראָדוקט פון דער קראַפט אויף איר אַקסל איז גלייך צום פּראָדוקט פון ווידערשטאַנד אויף זיין אַקסל.

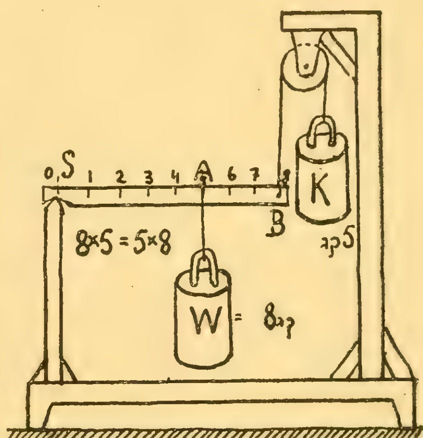
דער פּראָדוקט פון אַ קראַפט, וואָס ווירקט אויף אַ הייבער, אויף איר אַקסל ווערט קירצער אָנגערופן מיטן וואָרט דריימאָמענט פון דער קראַפט. דער דריימאָמענט דריקט זיך אויס אַזויאַרום דורך דעם פּראָדוקט פון קראַפט־מאָסן אויף לענג־מאָסן, צ. ב. קגמ., קגדמ., קגצמ. א. אַ.

איצט קענען מיר דעם באַדונג פון גלייכגעוויכט פון הייבער קורץ אויסדריקן אַזוי:

אַ הייבער בלייבט אין גלייכגעוויכט ווען דער דריימאָמענט פון דער קראַפט איז גלייך צום דריימאָמענט פון ווידערשטאַנד.

דעמדאָזיקן זאַץ האָבן מיר אויסגעפונען פאַר אַ צווייזייטיקן הייבער, ווי אויף צייכ. 30. ער בלייבט אויך גילטן פאַר אַ איינזייטיקן הייבער, ווי בכלל פאַר אַלע מינים הייבערס. די וואָג פון הייבער אַליין האָבן מיר דערווייל נישט גענומען אין באַטראַכט, אין דער ווירקלעכקייט אָבער איז די וואָג פון הייבער אויך אַ קראַפט, וועלכע העלפט צו אָדער דער קראַפט, אָדער דעם ווידערשטאַנד, ווי מיר וועלן עס שפּעטער זען.

די ריכטיקייט פון דעם זאַץ וועגן גלייכגעוויכט אויך פאַר אַן איינזייטיקן הייבער ווייזט אונז דער עקספּערימענט אויף צייכ. 31: די געוויכטן K און W האַלטן דעם הייבער SA אין גלייכגעוויכט אַרום אָנשפּאַר S ווייל דער דריימאָמענט פון דער קראַפט K (5 קג.) מיטן אַקסל SA (8 דמ.) באַטרעפט 40 קגדמ. דאָסזעלבע דער דריימאָמענט פון ווידערשטאַנד W (8 קג.) מיטן אַקסל SB (5 דמ.) אויך 40 קגדמ.

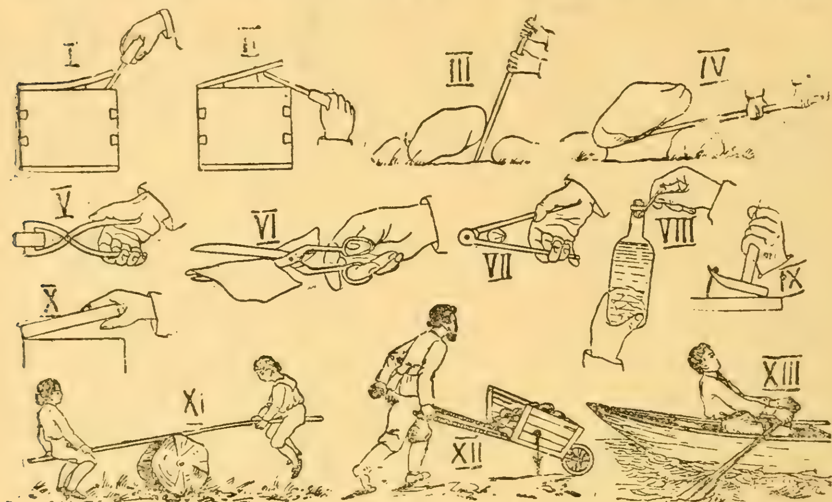


צייכ. 31

ביישפּיל. אויף אַ צווייזייטיקן הייבער ווירקט פון איין זייט אַ קראַפט K פון 20 קג. וואָס איר גרייף-פּונקט איז דערווייטערט אויף 72 צמ. פון אָנשפּאַר פון הייבער; דער ווידערשטאַנד באַטרעפט 32 קג.; ווי ווייט פונם אָנשפּאַר איז דער גרייף-פּונקט פון ווידערשטאַנד, אויב דער הייבער איז אין גלייכגעוויכט? מאַכן מיר אַזוי: דער דריימאָמענט פון דער קראַפט באַטרעפט 20×72 גלייך 1440 קגצמ. דאָס איז אויך דער פּראָדוקט פון ווידערשטאַנד 32 אויף זיין געזוכטן אַקסל; כדי אים צו געפינען טיילן מיר 1440 קגצמ. דורך 32 קג. און באַקומען 45 צמ.

אויפן זעלבן שטייגער וואָלטן מיר געמאַכט, ווען מען וואָלט אונז געגעבן דעם אַקסל פון ווידערשטאַנד אין לענגמאָסן און מיר וואָלטן באַדאַרפט אויסרעכענען די גרויס פון ווידערשטאַנד (אין קראַפטמאָסן)!

פראַגעס. 1) אויפקלערן וואָס פאַר א מין הייבער איז אָנגעגעבן אויף יעדן בילד פון צייכ. 32. 2) די קלינגען פון אַ שער צום שניידן פּאַפּיר



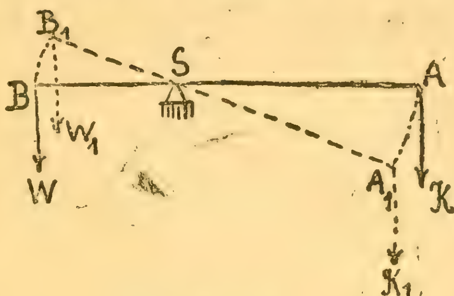
צייכ. 32

מאַכט מען לאַנגע, צום שניידן בלעך – קורצע. 3) ווען און פאַרוואָס איז לייכטער צו צעקנאַקן א נוס: ווען ער ליגט אין קנאַקער נענטער צום שלאָס, צי ווייטער? 4) ווי און פאַרוואָס איז לייכטער צו הייבן א „טאַטשקע" פאַר די שטאַנגען: וואָס ווייטער, צי וואָס נענטער פון קאַסטן?

די אַרבעט מיטן הייבער. לאָמיר איצט באַטראַכטן דעם הייבער אין דער אַרבעט, ד. ה. ווען מיר פאַרווענדן אים ווי א מאַשין. ווען די קראַפט און ווידערשטאַנד האַלטן זיך אין גלייכגעוויכט און די קראַפט הייבט אָן צו דרייען דעם הייבער גלייכמעסיק אין איין ריכטונג, קומט דער ווידערשטאַנד אין באַוועגונג אין פאַרקערטער ריכטונג: די קראַפט וועט ארויסגעבן אַרבעט, דער ווידערשטאַנד וועט איר איינשלינגען. וויפל אַרבעט וועט די קראַפט ארויסגעבן און וויפל אַרבעט וועט דער ווידערשטאַנד פאַרשלינגען? (די וואָג פון הייבער אליין נעמען מיר נישט אין אַכט).

ווען דער גרייף-פונקט פון דער קראַפט A וועט דורכמאַכן באַם דרייען דעם בויגן AA_1, וועט דער גרייף-פונקט פון ווידערשטאַנד דורכגיין דעם בויגן BB_1. די אַרבעט, וואָס די קראַפט האָט ארויסגעגעבן, איז גלייך $K \times AA_1$ (קראַפט מאָל וועג); די אַרבעט, וואָס דער ווידערשטאַנד האָט פאַרשלונגען, איז גלייך $W \times BB_1$ (ווייל אויף דעם וועג BB_1 האָט מען געדאַרפט איבער-

שטאַרקן דעם ווידערשטאַנד W). אַזויווי די ווינקלען BSB_1 און ASA_1 זענען גלייך, (דער הייבער איז נישט בייגעוודיק) קענען מיר זאָגן, אַז דער וועג (בויגן AA_1) איז מיט אַזויפיל מאָל גרעסער פון וועג BB_1, מיט וויפל מאָל דער אַקסל (ראַדיוס) SA איז גרע-סער פון אַקסל (ראַדיוס) BB_1.



ציכ. 33

$$(1)\ AA_1 : BB_1 = SA : SB$$

אָבער אויב דער אַקסל SA איז גרעסער פון SB, איז די קראַפט K ריכטיק מיט אַזויפיל מאָל קלע-נער פון ווידערשטאַנד W

$$(2)\ldots\ W : K = SA : SB$$

פשוטער: די גרעסערע קראַפט וועט דורכגיין אַ קלענערן וועג

$$(3)\ldots\ AA_1 : BB_1 = W : K$$

און דער פּראָדוקט פון דער קלענערער קראַפט אויף איר גרעסערן וועג וועט זיין גלייך צום פּראָדוקט פון דעם גרעסערן ווידערשטאַנד אויף זיין קלענערן וועג

$$(4)\ldots\ AA_1 \times K = BB_1 \times W$$

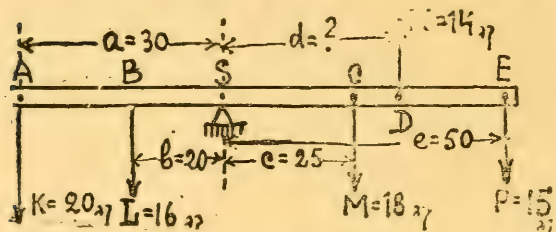
מיט אַנדערע ווערטער: די אַרבעט, וואָס די קראַפט האָט אַרויסגעגעבן, איז גלייך צו דער אַרבעט, וואָס דער ווידערשטאַנד האָט איינגעשלונגען (וואָס צו רעכענען פאַר דער קראַפט און וואָס פאַרן ווידערשטאַנד איז דאָ אַלצאיינס).

דערדאָזיקער זאַץ, וועלכער גילט נישט נאָר פאַרן הייבער, נאָר פאַר אַלע מאַשינען, ווי מיר וועלן שפּעטער זען, ווערט אין דער מעכאַניקע פאָרמולירט אַזוי:

מיטן הייבער ווערט קיין אַרבעט נישט געוווּנען, וואָס מען געווינט אין קראַפט פאַרלירט מען אין וועג (אָדער צייט) און פאַרקערט; ד. ה. אויב די קראַפט איז קלענער פון ווידערשטאַנד איז איר וועג אַ גרעסערער, ווי באַם ווידערשטאַנד, אַזוי אַז די אַריינגעלייגטע און אַרויסגענומענע אַרבעטן זענען ביידע גלייך.

דאָס איז גערעדט געוואָרן ריין טעאָרעטיש, ד. ה. ווען דער הייבער האָט אַליין קיין וואָג נישט און ווען קיין רייבונגען אין אָנשפּאַר זענען

בישטאָ. פּראַקטיש דערלייגט מען נאָך אַרבעט, כּדי איבערצושטאַרקן די ריבונגען, ווי אויך צום הייבן די וואָג פון הייבער אַליין און די דראָזיקע אַרבעט גייט פאַרלאָרן, ווייל מיר נעמען איר צוריק נישט אַרויס.



צייכ. 34

ווען אויפן הייבער ווירקן מער ווי צוויי קרעפטן (צייכ. 34) בלייבט דער באַדינג, פון גלייכגעוויכט דערזעלביקער וואָס פריער, נעמלעך:

אַ הייבער בלייבט אין גלייכגעוויכט, ווען די סומע פון די דריימאָמענטן, וועלכע שטרעבן צו באַוועגן דעם הייבער מיטן זייגערווייזער איז גלייך צו דער סומע פון די דריימאָמענטן, וועלכע שטרעבן אים צו באַוועגן אַנטקעגן זייגערווייזער.

דאָס גילט סיי פאַר דעם צווייזייטיקן און סיי פאַר דעם איינזייטיקן הייבער. מיר דאַרפן נאָר אַלע קרעפטן אויסדריקן אין דיזעלביקע קראַפט-מאָסן און אַלע אַקסלען אין דיזעלביקע לענג-מאָסן. (די וואָג פון הייבער אַליין ווערט איצט נישט גערעכנט).

ביישפּיל. אויף אַ צווייזייטיקן הייבער צייכ. 34 ווירקן די קרעפטן: K (20 קג.) מיטן אַקסל a (30 צמ.), L (16 קג.) מיטן אַקסל b (20 צמ.), M (18 קג.) מיטן אַקסל c (25 צמ.), P (15 קג.), מיטן אַקסל e (50 צמ.); אויסרעכענען וויפיל דאַרף זיין דער אַקסל d פון דער קראַפט N (14 קג.), כּדי דער הייבער זאָל בלייבן אין גלייכגעוויכט.

מאַכן מיר אַזוי: מיטן זייגערווייזער דרייען דעם הייבער די קרעפטן P און M; די סומע פון זייערע דריימאָמענטן באַטרעפט Mc+Pe דאָס איז 18×25+15×50 גלייך 750+450 ס"ה. 1200 קג. צמ.; אַזויפיל דאַרף אויך באַטרעפן די סומע פון די דריימאָמענטן פון די קרעפטן K און L און N, וועלכע דרייען דעם הייבער אַנטקעגן זייגערווייזער; די סומע פון די דריימאָמענטן פון די קרעפטן K און L באַטרעפט Lb+Ka דאָס איז 16×20+20×30 גלייך 600+320 ס"ה. 920 קג. צמ. דער דריימאָמענט פון דער קראַפט N דאַרף הייסט עס באַטרעפן 1200—920 ד. ה. 280 קג. צמ. און אַזוי ווי די קראַפט N אַליין באַטרעפט 14 קג. דאַרף איר אַקסל באַ-

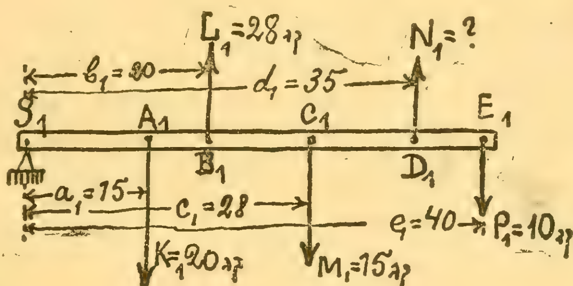
טרעפן 14 : 280 גלייך 20 צמ. הייסט עס אויב דער גרייף-פונקט D פון דער קראַפט N וועט זיין דערווייטערט פון אָנשפּאַר S פון הייבער אויף 20 צמ., וועט דער הייבער בלייבן אין גלייכגעוויכט.

מיר וואָלטן אויך געקענט אָננעמען דעם געזוכטן אַקסל פאַר X און אָנשרייבן די גלייכונג פון גלייכגעוויכט, ד. ה. די גלייכקייט פון די דריימאָמענטן מיטן זייגערווייזער און אנטקעגן זייגערווייזער:

$$Pe+Mc = Ka+Lb+Nx$$

אַריינשטעלנדיק אין דערדאָזיקער גלייכונג די גרויסן פון די געגעבענע P, M, K, L, N און a, b, c, e און לעזנדיק דער גלייכונג, וואָלטן מיר געפונען די גרויס X.

לאָמיר איצט אָננעמען פאַרן איינזייטיקן הייבער (צייכ. 35) די קרעפטן K_1 (20 קג.), L_1 (28 קג.), M_1 (15 קג.), און P_1 (10 קג.), די אַקסלען a_1 (15 צמ.) b_1 (20 צמ.), c_1 (28 צמ.), און d_1 (35 צמ.) און אויסרעכענען ווי גרויס (קג.) דאַרף זיין די קראַפט N_1, כדי דער הייבער זאָל זיין אין גלייכגעוויכט.



צייכ. 35

מיטן זייגערווייזער דרייען דעם הייבער די קרעפטן K_1, M_1 און P_1; די סומע פון זייערע דריימאָמענטן באַטרעפט: $20\times15+15\times28+10\times40$ גלייך $400+420+300$ ס"ה: 1120 קג. צמ.; אַנטקעגן זייגערווייזער דרייען די קרעפטן L_1 און N_1. דער דריימאָמענט פון דער קראַפט L_1 באַטרעפט 28×20 גלייך 560 קג. צמ. און אַזוי ווי דער אַקסל d_1 באַטרעפט 35 צמ. דאַרף די קראַפט N_1 זיין גלייך 35 : 560 דאָס איז 16 קג. כדי דער הייבער זאָל זיין אין גלייכגעוויכט.

ביישפּילן: 1) אויף אַ צווייזייטיקן הייבער ווירקן די פאָלגנדיקע קרעפטן: לינקס: 40 קג. 25 צמ., 10 קג. 30 צמ., 30 קג. 40 צמ., ווייט פון אָנשפּאַר; רעכטס: 75 קג. 18 צמ., 90 קג. 35 צמ., ווייט פון אָנשפּאַר; וויפל קג. דאַרף מען צולייגן 50 צמ. רעכטס פון אָנשפּאַר, כדי

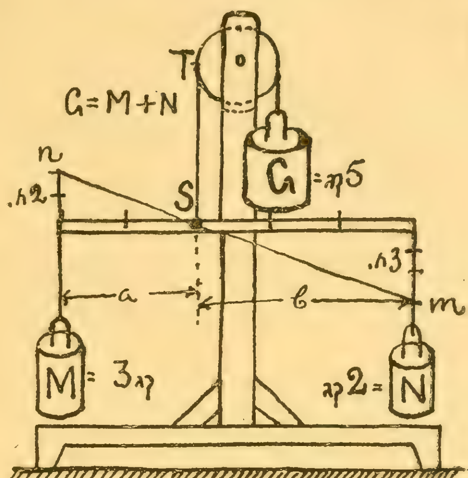
דער הייבער זאָל בלייבן אין גלייכגעוויכט? 2) אויף אַ צווייזייטיקן הייבער ווירקן פאָלגנדיקע קרעפטן: לינקס 2 קג. 30 צמ., 15 קג. 40 צמ. און 3 קג. 45 צמ.; רעכטס: 1,75 קג. 26 צמ., 2,5 קג. 37 צמ.; צי בלייבט דער הייבער אין גלייכגעוויכט און אויב נישט, איז פון וועלכער זייט און ווי ווייט פון אָנשפּאַר דאַרף מען צולייגן אַ קראַפט פון 3,9 קג. כדי דער הייבער זאָל בלייבן אין גלייכגעוויכט? 3) אויף אַן איינזייטיקן הייבער פון 1,5 מ. די לענג ווירקט אַ קראַפט פון 66 קג. 25 צמ. ווייט פון אָנשפּאַר (ביים ענדפּונקט פון הייבער) און נאָך אַ קראַפט פון 33 קג. 75 צמ. ווייט פון אָנשפּאַר און וועלכע ווירקט אין דערזעלביקער ריכטונג וואָס די פריערדיקע; וויפל קג. דאַרף מען צולייגן צום צווייטן ענדפּונקט פון הייבער, כדי ער זאָל בלייבן אין גלייכגעוויכט? 4) אויף אַן איינזייטיקן הייבער ווירקן פאָלגנדיקע קרעפטן: 18,6 קג. 20 צמ., 15 קג. 32 צמ. ווייט פון אָנשפּאַר און אין דערזעלביקער ריכטונג וואָס די פריערדיקע; ווי ווייט פון אָנשפּאַר דאַרף מען צולייגן אַ קראַפט פון 24 קג. כדי דער הייבער זאָל בלייבן אין גלייכגעוויכט?

§ 31. פּאַראַלעלע קרעפטן, זייער צונויפלייגונג און פּאַנאַנדערלייגונג. קרעפטן-פּאָר. מיט דער הילף פון זאַץ וועגן גלייכגעוויכט פון הייבער קענען מיר געפינען די רעזולטאַנטע פון צוויי, און מער פּאַראַלעלע קרעפטן, ווען זיי ווירקן אויף אַ קערפּער. די רעזולטאַנטע פון צוויי אָדער מער קאָמפּאָנענטע קרעפטן איז גלייך, ווי מיר ווייסן פון פריער (§ 23), צו דער קעגנקראַפט פון דידאָזיקע קאָמפּאָנענטעס, נאָר זי האָט פונקט די פאַרקערטע ריכטונג ווי די קעגנקראַפט.

כדי צו געפינען די רעזולטאַנטע פון צוויי פּאַראַלעלע קרעפטן, וועלן מיר אַפריער לייכטער געפינען די קעגנקראַפט זייערע און זייער רעזולטאַנטע וועט שוין זיין גלייך צו דער קעגנקראַפט, נאָר פאַרקערט געריכטעוועט.

אַזאַ קאָמבינאַציע פון צוויי פּאַראַלעלע קרעפטן מיט זייער קעגנקראַפט האָבן מיר אויף דער צייכענונג 36. ווילן מיר איינשטעלן דעם הייבער AB אַזוי, אַז ער זאָל זיך האַלטן אין גלייכגעוויכט, ד. ה. זיך נישט באַוועגן אַראָפּ אָדער אַרויף און זיך נישט דרייען אַרום דעם אָנשפּאַר S, דאַרף דער געוויכט G (די קעגנקראַפט) זיין גלייך צו דער סומע פון די ביידע געוויכטן M און N, ד. ה. די געגעבענע פּאַראַלעלע קרעפטן; דער אָנשפּאַר S דאַרף ליגן צווישן די גרייף-פּונקטן A און B, אַזוי, אַז דער אַקסל פון דער גרעסערער קראַפט (3 קג.) זאָל האָבן 2 חלקים.

לענג-מאָס (SA) און דער אַקסל פון דער קלענערער קראַפט (2 קג.) זאָל האָבן 3 חלקים לענג-מאָס (SB), ד. ה. די אַקסלען פון די קרעפטן דאַרפן זיין פאַרקערט פראָפאָרציאָנעל צו די קרעפטן. אויסערדעם זעען מיר, אַז די ריכטונג (ST) פון דער קעגנקראַפט איז אויך ווערטיקאַל און פאַראַלעל צו די ריכטונגען פון ביידע קאָמפּאָנענטעס (M און N). אזויווי די רעזולטאַנטע איז, ווי געזאָגט, גלייך צו דער קעגנקראַפט, נאָר פאַרקערט געריכטעוועט, קענען מיר איצט זאָגן, אַז:



צייכ. 36

די רעזולטאַנטע פון צוויי פאַראַלעלע קרעפטן מיט דערזעלביקער ריכטונג איז גלייך צו דער סומע פון ביידע קאָמפּאָנענטעס, איז פאַראַלעל צו די קאָמפּאָנענטעס און האָט דיזעלביקע ריכטונג; דער גרייף-פונקט פון דער רעזולטאַנטע ליגט צווישן די גרייף-פונקטן פון ביידע קאָמפּאָנענטעס און שפּאַלט דער שטרעקע צווישן זיי פאַרקערט פראָפאָרציאָנעל צו די קאָמפּאָנענטעס.

אַז באַ אַזאַ לאַגע פון די קאָמפּאָנענטעס און דער קעגנקראַפט וועט דער הייבער זיך **נישט דרייען** אַרום אַנשפּאַר S זעען מיר פון דעם, וואָס די דריימאָמענטן פון די קאָמפּאָנענטעס אַרום דעמדאָזיקן פונקט זענען גלייך $Ma = Nb$ (די קרעפטן זענען פאַרקערט פראָפאָרציאָנעל צו די אַקסלען). די קעגנקראַפט (אויך רעזולטאַנטע) מוז אויך זיין **פאַראַלעל צו די קאָמפּאָנענטעס**: ווען נישט, וועט זי זיך צונויפלייגן מיט איין קאָמפּאָנענטע און זייער ביידנס רעזולטאַנטע מיט דער צווייטער קאָמפּאָנענטע וועט ווידער געבן איין איינציקע רעזולטאַנטע, וועלכע וועט באַוועגן דעם קערפּער אין אַ וועלכער עס איז ריכטונג; איצט, וויסנדיק, אַז ביידע קאָמפּאָנענטעס מיט דער קעגנקראַפט האַלטן דעם קערפּער (הייבער) אין גלייכגעוויכט

קענען מיר געפינען די גרויס פון דער קעגנקראַפט (אויך רעזולטאַנטע):
דער דריימאָמענט פון אַלע 3 קרעפטן אַרום פונקט A איז גלייך:

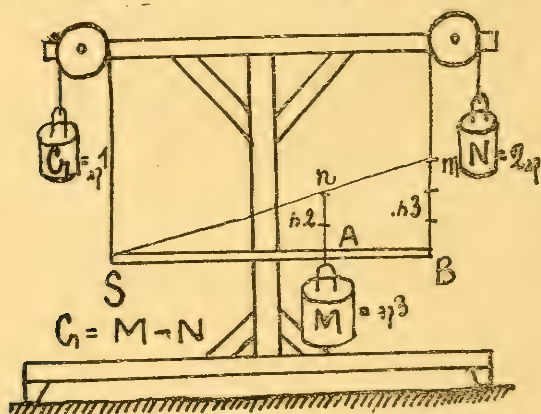
$$N(a+b)=Ra;\ Na+Nb=Ga$$

דער דריימאָמענט פון M אַרום A איז גלייך 0, ווייל דער אַקסל איז 0; אָנשטאָט דעם דריימאָמענט Nb קענען מיר אַריינשטעלן דעם דריימאָמענט Ma, ווייל זיי זענען גלייך, איצט באַקומען מיר

$$Na+Ma=Ga;\ N+M=G$$

און דאָס האָבן מיר באַדאַרפט באַווייזן.

ווען די פּאַראַלעלע קאָמפּאָנענטעס ווירקן אין פאַרשיידענע ריכטונגען (צייכ. 37), ווילן מיר צום גלייכגעוויכט דאַרפן נעמען די קעגנקראַפט גלייך צו דער דיפערענץ פוןביידע געוויכטן M און N; דער אָנשפּאַר S דאַרף ליגן שוין נישט צווישן ביידע קאָמפּאָנענטעס, נאָר הינטער דער גרעסערער (M) אַזוי, אַז דער אַקסל פון דער גרעסערער קראַפט (3 קג.) זאָל האָבן ווידער 2 חלקים לענגמאָס (SA) און דער



צייכ. 37

אַקסל פון דער קלענערער קראַפט (2 קג.) זאָל האָבן 3 חלקים לענגמאָס (SB), ד. ה. די אַקסלען פון די קאָמפּאָנענטעס ביזן גרייף-פונקט פון דער רעזולטאַנטע דאַרפן זיין פאַרקערט פּראָפּאָרציאָנעל צו זיי; די ריכטונג פון דער קעגנקראַפט איז ווידער פּאַראַלעל צו די ריכטונגען פון ביידע קאָמפּאָנענטעס און ווירקט צו דער זייט פון דער קלענערער קראַפט. די געזוכטע רעזולטאַנטע וועט זיין, פאַרשטייט זיך, גלייך צו דער קעגנקראַפט, נאָר פאַרקערט געריכטעוועט, ד. ה.

די רעזולטאַנטע פון צוויי פּאַראַלעלע קרעפטן מיט פאַרשיידענע ריכטונגען איז גלייך צו דער דיפערענץ פון די קאָמפּאָנענטעס, איז פּאַראַלעל צו זיי און האָט די ריכטונג

פֿון דער גרעסערער קאָמפּאָנענטע; דער גרייף־פּונקט פֿון דער רעזולטאַנטע ליגט הינטער דער גרעסערער קאָמפּאָנענטע אַזוי, אַז די שטרעקעס ביז די גרייף־פּונקטן פֿון די קאָמפּאָנענטעס זענען פֿאַרקערט פּראָפּאָרציאָנעל צו די קאָמפּאָנענטעס.

אַז באַ אַזאַ לאַגע פֿון די קאָמפּאָנענטעס און קעגנקראַפֿט וועט דער הייבער קיין שום באַוועגונג נישט מאַכן, זעען מיר פֿון דעם, וואָס די גרעסערע קאָמפּאָנענטע (M) וועט האַלטן אין גלייכגעוויכט די קלענערע קאָמפּאָנענטע (N) און די קעגנקראַפֿט (G), ווי אַ קעגנקראַפֿט פֿון צוויי פּאַראַלעלע, וועלכע האָבן דיזעלביקע ריכטונג. אויב אַזוי איז קלאָר אַז

$$G+N=M;\ G=M-N$$

ביישפּיל 1. אויף ביידע עקן פֿון אַ שטאַנג (זיין וואָג נישט נעמען אין אַכט) פֿון 1,1 מ. די לענג זענען אָנגעהאנגען צוויי געוויכטן פֿון 15 קג. און 18 קג. אין וועלכן פּונקט דאַרף מען אונטערשפּאַרן דעם שטאַנג, כּדי ער זאָל בלייבן אין גלייכגעוויכט און מיט וואָס פֿאַר אַ קראַפֿט וועט דער שטאַנג דריקן אויפֿן אָנשפּאַר, ד. ה. די רעזולטאַנטע? מאַכן מיר אַזוי:

ביידע קרעפֿטן זענען דאָ פּאַראַלעל (ווערטיקאַל); די אַקסלען ביזן אָנשפּאַר דאַרפֿן זיין פֿאַרקערט פּראָפּאָרציאָנעל צו די קרעפֿטן, ד. ה. די קראַפֿט פֿון 15 קג. דאַרף האָבן 18 חלקים אַקסל, די קראַפֿט פֿון 18 קג.— 15 חלקים אַקסל; ס״ה 33 חלקים אַקסל; אויף 1 חלק אַקסל קומט אויס 33 : 1,1 מ.; אַזויאַרום וועט די גרעסערע קראַפֿט האָבן 15×(33 : 1,1) אָדער 0,5 מ. אַקסל און די קלענערע די איבעריקע 1,1--0,5=0,6 מ. (פּשוטער וואָלטן מיר געמאַכט אַזוי: די פֿאַרהעלטעניש פֿון די קרעפֿטן איז 15 : 18 אָדער 5 : 6; די 1,1 מ. וועט אויסמאַכן 6+5 גלייך 11 חלקים; אויף 1 חלק קומט אויס 11 : 1,1 דאָס איז 0,1 מ; אויף 5 חלקים: 5×0,1 גלייך 0,5 מ; אויף 6 חלקים: 6×0,1 דאָס איז 0,6 מ; די קראַפֿט, וואָס דריקט אויפֿן אָנשפּאַר, איז גלייך דער סומע 18+15 דאָס איז 33 קג.

ביישפּיל 2. צוויי פּאַראַלעלע קרעפֿטן פֿון 20 און 24 קג. ווירקן אויף אַ שטאַנג מיט אַ שטרעקע צווישן די גרייף־פּונקטן פֿון 0,3 מ. אין פֿאַרקערטע ריכטונגען; ווי גרויס איז זייער רעזולטאַנטע און ווי ווייט פֿון גרייף־פּונקט פֿון דער גרעסערער קראַפֿט וועט זי זיין צוגעלייגט?

די גרויס פֿון דער רעזולטאַנטע געפֿינען מיר גלייך 24—20 דאָס איז 4 קג.; די שטרעקע פֿון 0,3 מ. צווישן די גרייף־פּונטן איז גלייך צו דער דיפֿערענץ פֿון די אַקסלען (זע צייכ. 37), דער אַקסל פֿון דער גרעסע-

רער קראַפט דאַרף האָבן 20 חלקים שטרעקע, דער אַקסל פון דער קלענע-רער 24 חלקים, ד. ה. מיט 20—24 גלייך 4 חלקים מער; אָט די 4 חלקים באַטרעפן 0,3 מ.; 1 חלק באַטרעפט 0,3:4 דאָס איז 0,075 מ.; 20 חלקים וועט אויסמאַכן 1,5 מ.; הייסט עס, דער גרייף-פונקט פון דער רעזולטאַנטע איז דערווייטערט פון גרייף-פונקט פון דער גרעסערער קאָמפּאָנענטע אויף 1,5 מ. (פון דער קלענערער 1,5+0,3 גלייך 1,8 מ.).

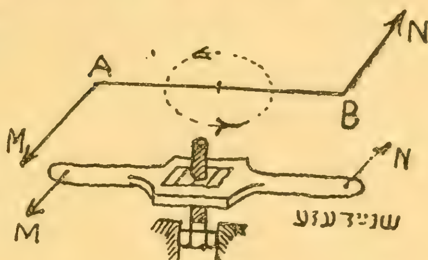
פשוטער: די קרעפטן פאַרהאַלטן זיך ווי 20:24 גלייך 5:6; די דיפע-רענץ פון די חלקים 5—6 גלייך 1 און דאָס מאַכט אויס 0,3 מ.; 5 חלקים מאַכט אויס 5×0,3 דאָס איז 1,5 מ. 6 חלקים באַטרעפט 6×0,3 גלייך 1,8 מ.

אַזוי אַרום געפינען מיר די לאַגע פון גרייף-פונקט פון דער רעזולטאַנטע דורך פּראָפּאָרציאָנעלער צעטיילונג: ווען די פּאַראַלעלע קרעפטן האָבן דיזעל-ביקע ריכטונג, האָבן מיר די פאַרהעלטעניש פון די אַקסלען און זייער סומע; ווען די פּאַראַלעלע קרעפטן זענען פאַרשיידן געריכטעוועט האָבן מיר די פאַרהעלטעניש פון די אַקסלען און זייער דיפערענץ. פון דידאָזיקע געגע-בענע קענען מיר ביידע אַקסלען אויסרעכענען.

גראַפיש, ד. ה. צייכנעריש געפינען די גרויס פון דער רעזולטאַנטע פון צוויי פּאַראַלעלע קרעפטן און איר גרייף-פונקט קענען מיר אַזוי: (צייכ. 36 און 37): אויף דער ריכטונג פון יעדער קראַפט לייגן מיר אָפּ (אין אַ וועלכן עס איז מאַשטאַב) די גרויס פון דער אַנדערער קראַפט (די קראַפט M צ. ב. באַטרעפט 3 קג. לייגן מיר אָפּ אויף איר ריכטונג די שטרעקע m גלייך 2 מאָס; די קראַפט N באַטרעפט 2 קג., לייגן מיר אָפּ אויף איר ריכטונג די שטרעקע n גלייך 3 מאָס); דערנאָך פאַרייניקן מיר די ענדפּ-פונקטן פון די אָפּגעלייגטע שטרעקעס (שטרעקע mn). די געצויגענע גראַדע וועט שניידן דער שטרעקע צווישן די גרייף-פונקטן פון די קאָמפּאָנענטעס ריכטיק אין גרייף-פונקט פון דער רעזולטאַנטע (ד. ה. פאַרקערט פּראָפּאָר-ציאָנעל צו די קאָמפּאָנענטעס, ווי עס דאַרף זיין). ווען די פּאַראַלעלע קאָמ-פּאָנענטעס האָבן דיזעלביקע ריכטונג ווערן די דערמאָנטע שטרעקעס פאַר-שיידן געריכטעוועט (m און n צייכ. 37) האָבנדיק דעם גרייף-פונקט פון דער רעזולטאַנטע און איר ריכטונג קענען מיר זי אָפּלייגן אין זעלביקן מאַשטאַב ווי די קאָמפּאָנענטעס.

קרעפטן-פּאָר. ווען צוויי פּאַראַלעלע קרעפטן זענען גלייך און ווירקן אין פאַרשיידענע ריכטונגען, דאַן קומט אויס די רעזולטאַנטע גלייך 0. אַזאַ קאָמבינאַציע פון קרעפטן הייסט קרעפטן-פּאָר (צייכ. 38). אונטער דער

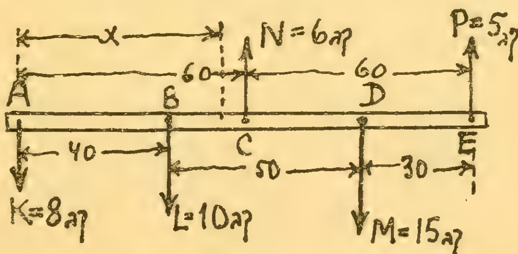
ווירקונג פון אַ קרעפטן-פּאָר וועט זיך דער קערפּער דרייען אַרום דעם מיטנפּונקט פון דער שטרעקע צווישן די גרייף-פּונקטן פון די קאָמפּאָנענ-טעס, קיין פאָרויס-באַוועגונג פון מיטנפּונקט וועלן מיר נישט האָבן.



צייכ. 38

דער דריימאָמענט פון אַ קרעפטן-פּאָר איז גלייך צום פּראָדוקט פון איין קראַפט אויף דער שטרעקע צווישן די גרייף-פּונקטן פון די גלייכע קאָמפּאָנענטעס. פאַר אַ ביי-שפּיל פון אַ קרעפטן-פּאָר קען אונז דינען די ווירקונג פון אונזערע ביידע הענט באַם דרייען אַ שניידע/ע, די הענטל פון אַ קאָפּיר-פּרעס א. אַ.

האָבנדיק מער ווי צוויי פּאַראַלעלע קאָמפּאָנענטעס, קענען מיר געפינען נאָכאַנאַנד די רעזולטאַנטע פון צוויי וועלכע עס איז קאָמפּאָנענ-טעס, דערנאָך די רעזולטאַנטע פון דער פריערדיקער רעזולטאַנטע מיט נאָך אַ קאָמפּאָנענטע א. אַז. וו. צום באַקוועמסטן איז עס צו מאַכן, געפינענדיק די קעגנקראַפט, וועלכע דאַרף האַלטן די געגעבענע קרעפטן אין גלייכגע-וויכט, און דעם גרייף-פּונקט פון דער דאָזיקער קעגנקראַפט. די רעזולטאַנטע וועט שוין זיין גלייך צו איר, נאָר פאַרקערט געריכטעוועט. די גלייכונג צווישן די דריימאָמענטן וועלן מיר אויפשטעלן אַלגעבריש.



צייכ. 39

ביישפּיל 3. אויף אַ קערפּער (AE) ווירקן פּאַראַלעלע קרעפטן מיט אַ גרויס און לאַגע, ווי אויף צייכ. 39. לאָמיר אָננעמען אַז דער גרייף-פּונקט (C) פון דער רעזולטאַנטע איז דער-ווייטערט פון עק A אויף דער שטרעקע X ; לאָמיר איצט שרייבן די גלייכקייט פון די דריימאָמענטן : (AE = 120 צמ.) מיטן זייגערווייזער דרייען די קרעפטן : M (15 קג., אַקסל : 40 + 50 — X גלייך 90 — X צמ.) ; אַנטקעגן זייגערווייזער די קרעפטן : P (5 קג., אַקסל (120 — X) צמ.) ; N (6 קג., אַקסל (60 — X)) ; L (10 קג., אַקסל

(X — 40 צמ.) איצט באַקומען מיר:
8 X + 10 (X — 40) + 6 (60 — X) + 5 (120 — X) = 15 (90 — X) לייזן מיר דערדאָזיקער גלייכונג, באַקומען מיר X = 35,9 צמ. דער גרויס פון דער רעזולטאַנטע וועלן מיר געפינען אַזוי; די סומע פון די קרעפטן, וואָס ווירקן אין איין ריכטונג (אַראָפּצו) באַטרעפט 15 + 10 + 8, ד. ה. 33 קג.; אין אַנטקעגנדיקער ריכטונג: 5 + 6 דאָס איז 11 קג.; בלייבט ס״ה 33—11 גלייך 22 קג. אין דער ריכטונג פון דער גרעסערער סומע. די רעזולטאַנטע הייסט עס באַטרעפט 22 קג., איר גרייף-פונקט איז דערווייטערט פון עק A אויף 35,9 צמ. (די וואָג פון קערפּער AB אַליין האָבן מיר נישט גענומען אין אַכט).

פונאַנדערלייגן אַ קראַפט אין צוויי צו זײ פּאַראַלעלע קאָמפּאָנענטעס, קען מען נאָר דאַן, ווען מען גיט אונז, אויסער דער קראַפט, נאָך עטלעכע צוגאָב באַדינגונגען. לאָמיר מאַכן עטלעכע ביישפּילן.

ביישפּיל 4. צוויי טרעגערס טראָגן מיט אַ שטאַנג אויף די אַקסלען אַ לאַסט פון 120 קג. אַזוי, אַז דער פאָדערשטער טרעגער איז דערווייטערט פון גרייף-פונקט פון דער לאַסט אויף 0,9 מ. דער הינטערשטער-אויף 1,5 מ.; וואָס פאַר אַ קרעפטן דריקן אויף די אַקסלען פון יעדן טרעגער?

מאַכן מיר אַזוי: (מאַך אַ צייכענונג) די קרעפטן, וואָס דריקן אויף די אַקסלען פון די טרעגערס באַטראַכטן מיר ווי קאָמפּאָנענטעס פון דער לאַסט, דער גרייף-פונקט פון דער לאַסט איז דער גרייף-פונקט פון דער רעזולטאַנטע; די אַקסלען פון די קאָמפּאָנענטעס ביזן גרייף-פונקט פון דער לאַסט באַטרעפן 0,9 מ. און 1,5 מ.; די קאָמפּאָנענטעס דאַרפן זיין פאַרקערט פּראָפּאָרציאָנעל צו די אַקסלען, ד. ה. מיט וויפל מאָל איינעמס אַקסל איז גרעסער פאַרן צווייטנס מיט אַזויפיל מאָל איז זיין קראַפט קלענער; דער אַקסל פון הינטערשטן איז מיט 1,5 : 0,9 מאָל גרעסער דאָס איז 5/3; אַזויאַרום וועט דער הינטערשטער האָבן 3 חלקים קראַפט, דער פאָדערשטער 5 חלקים, ס״ה מאַכט עס אויס 8 חלקים און זיי באַטרעפן 120 קג.; איז 1 חלק 120:8 דאָס איז 15 קג.; הייסט עס דער פאָדערשטער וועט נעמען אויף זיין חלק 15×5 דאָס איז 75 קג., דער הינטערשטער 15×3 דאָס איז 45 קג. (אָדער: דער הינטערשטער וועט נעמען דעם רעשט נאָכן פאָדערשטן 120—75 אויף 45 קג. פשוטער גערעדט: מיר האָבן די לאַסט פאַרטיילט פאַרקערט פּראָפּאָרציאָנעל צו די אַקסלען.

אויסער דער געגעבענער קראַפט, דער לאַסט פון 120 קג., האָבן מיר דאָ געהאַט פאַר אַ צוגאָב באַדונג די לענגען פוןביידע אַקסלען.

ביישפּיל 5. לאָמיר נעמען די פריערדיקע אויפגאַבע, נאָר מיט אַזאַ באַדונג: די טרעגערס האָבן פאַרטיילט די לאַסט אַזוי, אַז דער פאָדערשטער פילט אַ קראַפט פון 80 קג. און איז דערווייטערט פון גרייף-פונקט פון דער לאַסט אויף 1 מ.; וואָס פאַר אַ קראַפט פילט דער הינטערשטער און ווי ווייט איז ער פון דער לאַסט?

קלאָר, אַז די קראַפט אויפן הינטערשטן באַטרעפט 80 — 120 דאָס איז 40 קג. ווייל די רעזולטאַנטע איז גלייך צו דער סומע פון ביידע קאָמפּאָנענטעס; די קראַפט פון פאָדערשטן איז מיט 40 : 80 דאָס איז 2 מאָל גרעסער, דאַרף זיין אַקסל זיין מיט 2 מאָל קלענער פון דעם הינטערשטן און אַזויווי זיין אַקסל באַטרעפט 1 מ. וועט דער אַקסל פון הינטערשטן באַטרעפן 2 מ. פּשוטער גערעדט: די פאַרהעלטעניש פון די אַקסלען דאַרף זיין 80 : (80 — 120) אָדער 2 : 1 און אַזויווי דער 1 חלק אַקסל פון פאָדערשטן איז 1 מ. וועלן די 2 חלקים פון הינטערשטן אויסמאַכן 2 מ.

מען וואָלט אונז אויך געקענט געבן די קראַפט, צ. ב. 90 קג., וואָס דער פאָדערשטער פילט און דעם אַקסל, צ. ב. 0,75 מ., פון הינטערשטן; וואָלטן מיר אויסגערעכנט די קראַפט פון הינטערשטן 30 = 90 — 120 און מיט וויפל מאָל זיין אַקסל דאַרף זיין לענגער 3 = 30 : 90, ווייל די קראַפט איז קלענער, און דערנאָך אויסגערעכנט זיין אַקסל מ. 2,25 = 3 × 0,75.

ווילן מיר פונאַנדערלייגן אַ קראַפט אין צוויי פּאַראַלעלע קאָמפּאָנענטעס מיט **פאַרשיידענע** ריכטונגען, דאַרף מען געדענקען, אַז די רעזולטאַנטע איז אין דעם פאַל גלייך דער **דיפערענץ** פון ביידע קאָמפּאָנענטעס און אַז די גרעסערע קאָמפּאָנענטע איז נעענטער צו דער רעזולטאַנטע, ד. ה. איר אַקסל איז קלענער, און די קלענערע — ווייטער.

ביישפּיל 6. אַ קראַפט פון 84 קג. פונאַנדערלייגן אין צוויי פּאַראַלעלע קאָמפּאָנענטעס מיט פאַרשיידענע ריכטונגען אַזוי, אַז די קלענערע זאָל באַטרעפן 66 קג. און זאָל זיין דערווייטערט פון דער רעזולטאַנטע אויף 1,25 מ. מאַכן מיר אַזוי:

די גרעסערע קאָמפּאָנענטעס באַטרעפט 66 + 84 דאָס איז 150 קג., ווייל 66 — 150 איז 84; די גרעסערע קאָמפּאָנענטעס איז מיט 66 : 150 דאָס איז $2\ ^3/_{11}$ מאָל גרעסער פון דער קלענערער, וועט איר אַקסל זיין מיט $^{25}/_{11}$ מאָל קלענער פון דעם אַקסל פון דער קלענערער, ד. ה. $1,25 : ^{25}/_{11}$

דאָס איז 0,55 מ. די ריכטונג פון דער גרעסערער קאָמפּאָנענטע דאַרף זיין זוי בא דער רעזולטאַנטע און פון דער קלענערער—פּאַרקערט.

אויפגאַבעס 1) אין די פּונקטן A און B פון אַ קערפּער ווירקן 2 פּאַראַלעלע קרעפטן פון 6 קג. און 10 קג. אין איין ריכטונג; די שטרעקע AB באַטרעפט 1,12 מ. אויסרעכענען די גרויס און דעם גרייף-פּונקט פון זייער רעזולטאַנטע. 2) אויסרעכענען די גרויס און דעם גרייף-פּונקט פון דער קעגנקראַפט פון 2 פּאַראַלעלע קרעפטן פון 27 קג. און 45 קג. ווען די שטרעקע צווישן זייערע גרייף-פּונקטן באַטרעפט 64 צמ.

3) דער גרייף-פּונקט פון דער רעזולטאַנטע פון צוויי פּאַראַלעלע קרעפטן מיט דערזעלביקער ריכטונג שפּאַלט דער שטרעקע צווישן די גרייף-פּונקטן פוןביידע קאָמפּאָנענטעס אין דער פּאַרהעלטעניש 7 : 5; איין קאָמפּאָנענטע באַטרעפט 35 קג.; אויסרעכענען דער רעזולטאַנטע.

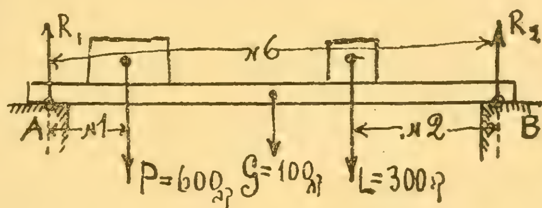
4) אַ לאַסט פון 112 קג. הענגט אויף אַן האָריזאָנטאַלן שטאַנג AB אין אַ צווישנדיקן פּונקט C; וועלכע קרעפטן דריקן אויף די אָנשפּאַרן A און B אויב די שטרעקע AC באַטרעפט 80 צמ., BC — 1,5 מ. 5) אַ קראַפט פון 84 קג. פונאַנדערלייגן אין צוויי פּאַראַלעלע קאָמפּאָנענטעס מיט דערזעלביקער ריכטונג אַזוי, אַז איינע זאָל באַטרעפן 28 קג, און איר גרייף-פּונקט זאָל אָפּשטיין פון דער רעזולטאַנטע אויף 0,4 מ.

6) אַ קראַפט פון 42 קג. פונאַנדערלייגן אין 2 פּאַראַלעלע קאָמפּאָנענטעס אַזוי, אַז איינע זאָל באַטרעפן 18 קג. און דער גרייף-פּונקט פון דער צווייטער זאָל אָפּשטיין פון דער רעזולטאַנטע אויף 40 צמ. 7) אַ קראַפט פון 180 קג. פונאַנדערלייגן אין 2 פּאַראַלעלע קאָמפּאָנענטעס אַזוי, אַז איינע זאָל באַטרעפן 135 קג. און די שטרעקע צווישן די קאָמפּאָנענטעס זאָל זיין 0,8 מ. 8) דריי פּאַראַלעלע קרעפטן פון 8 קג., 12 קג. און 20 קג. האַלטן אַ קערפּער אין גלייכגעוויכט. באַשטימען זייערע ריכטונגען. 9) אויף אַ קערפּער ווירקן 3 פּאַראַלעלע קרעפטן אין איין ריכטונג פון 10 קג., 30 קג. און 20 קג.; די שטרעקע צווישן די ערשטע צוויי איז 60 צמ., צווישן צווייטער און דריטער 45 צמ. אויסרעכענען די גרויס און גרייף-פּונקט פון דער רעזולטאַנטע. 10) פיר גלייכע פּאַראַלעלע קרעפטן צו 8 קג. ווירקן אין איין ריכטונג אויף די שפּיצן פון אַ פּאַראַלעלאָגראַם; ווי גרויס איז און וואו איז דער גרייף-פּונקט פון זייער רעזולטאַנטע.

פראַגעס. דערקלער פאָלגנדיקע דערשיינונגען: 1) אַ שטעקן לאָזט

זיך לייכטער צעברעכן אויפן קני, ווען מען נעמט אים אָן וואָס נענטער צו זיינע עקן. 2) באַם אומוואַרפן אַן אונטערגעזעגענעם בוים פאַרציט מען אויף איר אַ שטריק וואָס העכער איבערן איינשניט און די ריכטונג פון שטריק אָנגעצויגענערהייט זעט מען צו מאַכן האָריזאָנטאַל; 3) באַם טראָגן אַ קלומעקל אויף אַ שטעקן איבערן אַקסל איז לייכטער ווען דער קלומעקל ליגט אויפן רוקן ווי ווען ער הענגט אויפן שטעקן אָפּגערוקט פון רוקן.

§ 32 אַ באַלקן אויף צוויי אָנשפּאַרן. (צייכ. 40) ווען אַ באַלקן, אָנגעלאָדן מיט אַ לאַסט אין איינעם אָדער עטלעכע ערטער ליגט אויף צוויי אָנשפּאַרן (A און B) דריקן זיינע עקן אויף דידאָזיקע אָנשפּאַרן. די אָנשפּאַרן דריקן צוריק אויפן באַלקן (ווען נישט, וואָלט זיך דער באַלקן געדאַרפט אַראָפּלאָזן) אין דידאָזיקע ערטער.



צייכ. 40

דער זאַץ וועגן גלייכגעוויכט פון אַ הייבער פאַרהעלפט אונז אויסצורעכענען די קרעפטן, מיט וועלכע דער אָנגעלאָדענער באַלקן ווירקט אויף די אָנשפּאַרן און אַזוי אַרום אויך די קעגנקרעפטן פון די אָנשפּאַרן, וועלכע ווירקן צוריק אויפן באַלקן. דידאָזיקע קעגנקרעפטן הייסן די **רעאַקציעס פון די אָנשפּאַרן.** לאָמיר נעמען אַ

ביישפּיל. אַ באַלקן פון 6 מ. די לענג און 100 קג. וואָג (G) איז אונטערגעשפּאַרט אונטער ביידע עקן; אויסערדעם ווירקן אויף אים 2 לאַסטן: P גלייך 600 קג. 1 מ. ווייט פון לינקן עק און L גלייך 300 קג. 2 מ. ווייט פון רעכטן. אויסרעכענען די רעאַקציעס פון די אָנשפּאַרן A און B.

מיר נעמען אָן די רעאַקציעס פון די אָנשפּאַרן A און B פאַר צוויי קרעפטן R_1 און R_2, וועלכע ווירקן אין אַנטקעגנדיקע ריכטונג ווי זיין וואָג G און די לאַסטן P און L. אַזוי ווי דער באַלקן ליגט אומבאַוועגלעך, זענען די קרעפטן אין גלייכגעוויכט, און מיר קענען זאָגן, אַז די דריימאָמענטן פון די קרעפטן מיטן זייגערווייזער און אַנטקעגן אַרום פּונקט A אָדער B זענען גלייך. מיטן **זייגערווייזער** דרייען אַרום פּונקט A די קרעפטן P, L און G, **אַנטקעגן זייגערווייזער** — נאָר די רעאַקציע R_2.

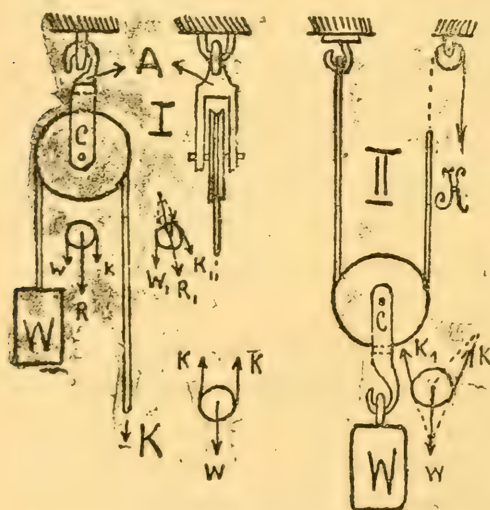
קענען מיר שרייבן; (די אַקסלען נעמען מיר אין מעטערס; דער אַקסל פון R_1 איז גלייך 0):

$R_2\times 6=L\times 4+G\times 3+P\times 1$ אָדער $6R_2=1200+300+600$ אַזוי־אַרום איז $R_2=350$ קג. R_2 מיט R_1 דאַרפן באַטרעפן $L+P+G$, (ווייל זיי האַלטן זיי אין גלייכגעוויכט) דאָס איז 1000 קג.; בלייבט אַז $R_1=650$ קג. מיר וואָלטן אויך געקענט נעמען די דריימאָמענטן אַרום פונקט B און אויסרעכענען פריער R_1 און דערנאָך R_2.

אויפגאַבע. די ברעט פון אַ באַנק צווישן ביידע אירע פיס האַלט 3,2 מעטער; אויפן באַנק זיצן 2 זייערע; איינער וואָס וועגט 56 קג. זיצט 0,5 מ. ווייט פון דער רעכטער פוס, אַ צווייטער, וואָס וועגט 70 קג. 1,2 מ. ווייט פון דער לינקער פוס; אויסרעכענען די קראַפט וואָס ווירקט אויף יעדער פוס.

§ 33. דער בלאָק און זיינע קאָמבינאַציעס.

אַ צווייטער מין איינפאַכע מאַשין, וועלכע שטאַמט אָפּ פון הייבער, איז דער **בלאָק** (צייכ. 41).



צייכ. 41

אַ בלאָק, דאָס איז אַ הילצערנע, אָדער מעטאַלענע צילינדרישע שייבע, וועלכע דרייט זיך אויף איר אַקס C אין די לאַגערס פון אַנקער (A). אויפן ראַנד פון דער שייבע איז אויסגעטאָקט אַ רינע, אין וועלכער עס ליגט אַ שטריק אָדער קייט, וואָס הענגט אַראָפּ פון ביידע זייטן בלאָק. צו ביידע עקן פון שטריק זענען צוגעלייגט צוויי קרעפטן: פון איין זייט דער **ווידערשטאַנד** W (אַ לאַסט), וועלכן מען דאַרף באַוועגן (אויפהייבן), און פון דער צווייטער זייט די **קראַפט**, וועלכע באַוועגט דעם בלאָק.

בלאָקן זענען פאַראַן צוויי מינים: דער **אומבאַוועגלעכער בלאָק** (צייכ. 41 I), באַ וועלכן די אַקס בלייבט אויף איין אָרט ווען מען אַרבעט

מיט אים, און דער באַוועגלעכער בלאָק, (צייכ. 41 II) בא וועלכן די אַקס באַוועגט זיך צוזאַמען מיטן ווידערשטאַנד (דער לאַסט).

ווי אַרבעט דער אומבאַוועגלעכער בלאָק? (צייכנונג 41 I)

בשעת די קראַפט ציט דעם שטריק אין איין ריכטונג, אַראָפּ צ. ב., באַוועגט זיך דער ווידערשטאַנד (לאַסט) אין דער פאַרקערטער ריכטונג (אַרויף). אין יעדן מאָמענט איז סיי די קראַפט, סיי דער ווידערשטאַנד צוגעלייגט צום אומקרייז פון דער שייבע (טאַנגענטעס) און זיי שטרעבן איר דרייען אין פאַרשיידענע ריכטונגען. דער אַקסל סיי פון דער קראַפט, סיי פון ווידערשטאַנד, איז דער ראַדיוס פון דער שייבע. צום גלייכגעוויכט פון בלאָק, ד. ה. כדי ער זאָל בלייבן אָדער אומבאַוועגלעך, אָדער זאָל זיך באַוועגן גלייכמעסיק, דאַרפן די דריימאָמענטן זיין גלייך·

$$K\times r = W\times r; \quad K = W$$

ד. ה.: אויפן אומבאַוועגלעכן בלאָק איז די קראַפט גלייך צום ווידערשטאַנד.

עס איז קלאָר, אַז וויפל וועג די קראַפט וועט דורכגיין פון איין זייט בלאָק, אַזויפיל וועג וועט דער ווידערשטאַנד דורכגיין פון דער צווייטער זייט (נאָר אין פאַרקערטער ריכטונג). ביי דער גלייכקייט פון די קרעפטן און זייערע וועגן קענען מיר זאָגן, אַז:

מיטן אומבאַוועגלעכן בלאָק ווערט סיי קראַפט סיי אַרבעט נישט געוווּנען.

דאָס איז געזאָגט געוואָרן טעאָרעטיש, ווען קיין רייבונג וואָלט נישט געווען. פראַקטיש לייגט מען אַריין אין אומבאַוועגלעכן בלאָק מער אַרבעט, ווי מען נעמט אַרויס, ווייל אַ טייל אַרבעט גייט אַוועק צום איבערשטאַרקן די רייבונגען. אין אַ גוט אויסגעאַרבעטן בלאָק, ווען גוט געשמירט, קען מען רעכענען מיט 4 פראָצענט פאַרלוסט, ד. ה. מיט 100 חלקים קראַפט קענען מיר הייבן 96 חלקים לאַסט.

די באַקוועמלעכקייט פון אומבאַוועגלעכן בלאָק באַשטייט נאָר אין דעם, וואָס ער ענדערט די ריכטונג פון דער קראַפט. אָנשטאָט צו שלעפן דירעקט דער לאַסט אַרויף, וואָס איז נישט שטענדיק געוווּנטשן, ווירקט מען מיט דער קראַפט אין פאַרקערטער ריכטונג.

וואָס פאַר אַ קראַפט וועט ווירקן אויף דער אַקס פון בלאָק? עס איז קלאָר, אַז די רעזולטאַנטע פון דער קראַפט און דעם ווידערשטאַנד וועט זיין גלייך צו זייער סומע, ווען זיי זענען פּאַראַלעל געריכטעוועט,

און וועט זיין קלענער, ווען זיי שניידן זיך. דידאָזיקע רעזולטאַנטע קראַפט ווירקט אויף דער אַקס און וועט ברענגען צו אַ רייבונג און אויסנוצונג פון דער אַקס.

ווי אַרבעט דער באַוועגלעכער בלאָק (צייכ. 41 II)? וואָס אָנבאַלאַנגט דער גרויס פון דער קראַפט אַנטקעגן דעם ווידערשטאַנד, איז לײַכט צו זען, אַז דער ווידערשטאַנד ווערט פאַרטיילט אויף צוויי שטריק צו גלייכע חלקים: איין העלפט נעמט אויף זיך דער שטריק, וואָס איז צוגעבונדן צו עפּעס אַן אָנשפּאַר און דער צווייטער העלפט — דער שטריק, וואָס די קראַפט ציט פאַר אים. אַזויאַרום, ווען קראַפט און ווידערשטאַנד זענען פּאַראַלעל, נעמט אויף זיך די קראַפט אַ העלפט פון ווידערשטאַנד, ד. ה.

$$K = W:2$$

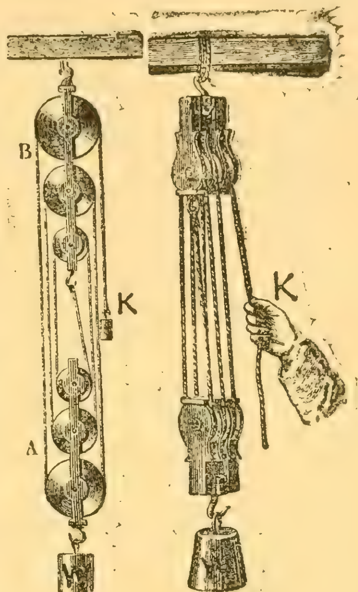
אויפן באַוועגלעכן בלאָק באַטרעפט די קראַפט אַ העלפט פון ווידערשטאַנד, ווען זיי זענען פּאַראַלעל צווישן זיך. ווען קראַפט און ווידערשטאַנד זענען נישט פּאַראַלעל, איז די קראַפט מער ווי אַ העלפט.

וואָס אָנבאַלאַנגט די וועגן פון דער קראַפט און דער לאַסט, איז לײַכט צו זען, אַז כדי די לאַסט זאָל דורכגיין 1 חלק וועג, דאַרף די קראַפט אַראָפּציען 2 חלקים שטריק, ד. ה. 2 חלקים וועג, אויף וועלכן זי אַרבעט. אַזויאַרום וועט די קראַפט, וואָס באַטרעפט אַ העלפט פון ווידערשטאַנד דורכמאַכן אַ טאָפּלטן וועג, ווי די לאַסט און דער פּראָדוקט פון יעדער קראַפט אויף איר וועג וועט באַטרעפן דיזעלביקע צאָל, ד. ה.

מיטן באַוועגלעכן בלאָק ווערט קיין אַרבעט נישט געוואונען; וואָס מען געווינט אין קראַפט פאַרלירט מען אין וועג (אָדער צייט) און אומגעקערט.

דאָס איז גערעדט געוואָרן טעאָרעטיש, ווייל מיר נעמען נישט אין אַכט די וואָג פון בלאָק אַליין און די רייבונג. פּראַקטיש וועט מען דאַרפן אַריינלייגן מער אַרבעט, ווי מען וועט אַרויסנעמען, ווייל אַ טייל פון דער אַריינגעלייגטער אַרבעט גייט צום איבערשטאַרקן די רייבונגען, און דידאָזיקע אַרבעט גייט פאַרלאָרן. וועלן מיר אָננעמען דעם פאַרלוסט אויף רייבונג 5 פּראָצענט דאַן וועט זי באַטרעפן 0,05 פון דער העלפט פון דער לאַסט.

דער איינפאַכער פלאַשנצוג (צייכ. 42). דאָס איז אַ פאַריייניקונג פון עטלעכע באַוועגלעכע און אומבאַוועגלעכע בלאָקן, די און יענע אין גלייכער צאָל.



צייכ. 42

אַלע באַוועגלעכע און אַלע אומבאַוועגלעכע בלאָקן זענען אַריינגעפּאַסט אין באַזונדערע צוויי אַנקערס. דער ווידערשטאַנד ווירקט דירעקט אויפן אַנקער מיט די באַוועגלעכע בלאָקן.

צווישן יעדע צוויי בלאָקן, ווי מיר זעען, זענען אָנגעצויגן 2 שטריק, אַזוי אַז ס״ה וועט זיך דער ווידערשטאַנד פאַרטיילן אויף אַזויפיל שטריק, וויפל בלאָקן דער פלאַשנצוג פאַרמאָגט. דער שטריק צו וועלכן עס איז צוגעלייגט די קראַפט (K), דאַרף איבערשטאַרקן די אָנציונג (די שפּאַנונג) פון איין שטריק, ד. ה. נאָר אַזאַ חלק פון ווידערשטאַנד וויפל בלאָקן עס זענען פאַראַן. צ. ב. ווען דער ווידערשטאַנד באַטרעפט 150 קג. און בלאָקן איז פאַראַן 6, וועט די קראַפט צום איינהאַלטן (אָדער באַוועגן גלייכמעסיק) דעם ווידערשטאַנד דאַרפן זיין גלייך 150:6 דאָס איז 25 קג. (רייבונג נישט גענומען אין אַכט). אַזוי־אַרום קענען מיר זאָגן:

דער איינפאַכער פלאַשנצוג איז אין גלייכגעוויכט ווען די קראַפט איז קלענער פון ווידערשטאַנד מיט אַזויפיל מאָל, וויפל בלאָקן דער פלאַשנצוג פאַרמאָגט.

ווען מיר באַצייכענען די גרויס פון דער קראַפט דורך K (קג.), פון ווידערשטאַנד דורך W (קג.) די צאָל בלאָקן דורך n, דאַן האָבן מיר די שייכות אַלגעבריש:

$$K = W : n$$

דערדאָזיקער געווינס אין קראַפט ווערט אָבער איינגעשלונגען דורכן פאַרלוסט אין וועג. אינדעראמתן: כדי אויפצוהייבן דעם ווידערשטאַנד אויף 1 מאָס שטריק, וועט די קראַפט דאַרפן פון יעדן שטריק אַראָפּוויקלען 1 מאָס

און ס"ה אַזויפיל מאָס, וויפל שטריק אָדער בלאָקן עס זענען פאַראַן. אַזוי־אַרום וועט די קראַפט דורכגיין אַ וועג, וואָס איז מיט אַזויפיל מאָל גרעסער פונם וועג פון ווידערשטאַנד, מיט וויפל מאָל זי אַליין איז קלענער פון ווידערשטאַנד, און די פּראָדוקטן פון קראַפט מאל איר וועג און ווידערשטאַנד מאל זיין וועג וועלן בלייבן דיזעלביקע, ד. ה.

מיטן איינפאַכן פלאַשנצוג ווערט קיין אַרבעט נישט געוווּנען; וואָס מען געווינט אין קראַפט פאַרלירט מען אין וועג (צייט) און אומגעקערט. פּראַקטיש, פאַרשטייט זיך, וועלן מיר באַך דערלייגן אַרבעט, ווייל אַ טייל אַרבעט גייט אַוועק אויף רייבונג און איז פאַר אונז פאַרלאָרן. נעמען מיר צ. ב. אָן, אַז פון 6 בלאָקן נעמט יעדער צו 3 פּראָצענט אויף זיין רייבונג, דאַן וועלן 6 בלאָקן צונעמען 18 פּראָצענט און דער ווידערשטאַנד וועט אויף אַזויפיל גרעסער ווערן, ד. ה. די קראַפט וועט באַטרעפן איין זעקסטל פון דעמדאָזיקן פאַרגרעסערטן ווידערשטאַנד. אַ דאַנק דערזעלביקער רייבונג קען די קראַפט זיין ווייניקער ווי אַ זעקסטל, כדי צו האַלטן דעם פלאַשנצוג אין רו־צושטאַנד.

דער שטופן־פלאַשנצוג. (צייכ. 43) דאָס איז אַ פאַרייניקונג פון 1 אומבאַוועגלעכן בלאָק (U) מיט עטלעכע באַוועגלעכע אַזוי, אַז די קראַפט, וואָס שלעפּט איין באַוועגלעכן בלאָק איז גלייכצייטיק אַ ווידערשטאַנד פאַרן ווייטערדיקן.



צייכ. 43

דער שטריק a פון ערשטן באַוועגלעכן בלאָק נעמט אויף זיך אַ 1/2 פון ווידערשטאַנד, דער שטריק b פון צווייטן באַוועגלעכן בלאָק נעמט אויף זיך אַ העלפט פון שטריק a, ד. ה. 1/4 פון ווידערשטאַנד, דער שטריק c פון דריטן באַוועגלעכן בלאָק נעמט אויף זיך אַ העלפט פון שטריק b, ד. ה. 1/8 פון ווידערשטאַנד: דער אומבאַוועגלעכער בלאָק U ענדערט נאָר די ריכטונג פון דער קראַפט אַזוי, אַז די קראַפט K, וועלכע איז צוגעלייגט צום שטריק d דאַרף איבערשטאַרקן די אָנציונג פון שטריק c, ד. ה. זי באַטרעפט 1/8 פון ווידערשטאַנד.

ווי מיר זעען, נעמט אויף זיך דער שטריק פון יעדן ווייטערדיקן באַוועגלעכן בלאָק אַ העלפט פון דער קראַפט, וואָס ווירקט אויפן פריערדיקן. בײַ די 3 באַוועגלעכע בלאָקן פון צייכ. 43 באַקומט זיך, אַז די קראַפט באַטרעפט 1/2 × 1/2 × 1/2

ד. ה. ¹/₃ פון ווידערשטאַנד און זי וועט האַלטן דעם שטופנפלאַשנצוג אין גלייכגעוויכט.

וואָס מער באַוועגלעכע בלאָקן עס וועלן זיין, אלץ מער מאָל וועט מען דאַרפן די צאָל ¹/₂ פאַרמערן אויף איר אליין, אָדער ווי מיר זאָגן אין דער מאַטעמאַטיקע: אלץ אויף אַ העכערער שטופע הייבן די צאָל ¹/₂. דערפון טאַקע נעמט זיך דער נאָמען שטופן-פלאַשנצוג. דערפון דרינגען מיר אז:

כדי אויסצורעכענען די קראַפט, וואָס האַלט אין גלייכגעוויכט אַ שטופן-פלאַשנצוג, דאַרף מען נעמען אַזאַ חלק פון ווידערשטאַנד, וועלכער באַקומט זיך פון הייבן ¹/₂ אין אַזאַ שטופע, וויפל באַוועגלעכע בלאָקן דער שטופן-פלאַשנצוג פאַרמאָגט.

ווען מ'ר באַצייכענען די צאָל באַוועגלעכע בלאָקן דורך n, דאַן באַקומט זיך די אלגעברישע פאָרמולע:

$$K = W : (1/2)^n$$

אויב צ. ב. דער ווידערשטאַנד באַטרעפט 1000 קג. און באַוועגלעכע זענען פאַראַן 5, מאַכן מיר אַזוי; $1/2 \times 1/2 \times 1/2 \times 1/2 \times 1/2$ (5 מאָל ווייל 5 באַוועגלעכע בלאָקן) מאַכט אויס ¹/₃₂, איצט געפינען מיר ¹/₃₂ פון 1000 דאָס איז 31,25 קג. און אַזאַ קראַפט וועט האַלטן דעם שטופנפלאַשנצוג אין גלייכגעוויכט.

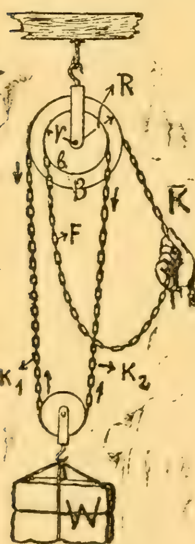
אָבער דערדאָזיקער שטאַרקער געווינס אין קראַפט איז געבונדן מיט ריכטיק אַזאַ שטאַרקן פאַרלוסט אין וועג. אינדערזאַמתן (צייכ. 43): כדי דער ווידערשטאַנד זאָל זיך אויפהייבן אויף 1 מ., דאַרף דער שטריק a אַראָפּגעוויקלט ווערן אויף 2 מ., ווי אין אַ באַוועגלעכן בלאָק, דער שטריק b טאָפּלט אַזויפיל, ד. ה. 4 מ.. דער שטריק c און אויך דער שטריק d טאָפּלט פון פריערדיקן, ד. ה. 8 מ. אַזוי-אַרום וועט די קראַפט K, וואָס באַטרעפט ¹/₈ פון ווידערשטאַנד, דורכגיין אַ וועג מיט 8 מאָל גרעסער, ווי דער ווידערשטאַנד, אַזוי אַז די פּראָדוקטן קראַפט מאָל איר וועג און ווידערשטאַנד מאָל זיין וועג וועלן אויסקומען גלייך. קורץ: מיטן שטופן-פלאַשנצוג ווערט קיין אַרבעט נישט געוווּנען; וואָס מען געווינט אין קראַפט פאַרלירט מען אין וועג (אָדער צייט) און אומגעקערט.

פאַרשטייט זיך, אַז אַ דאַנק דער רייבונג וועלן מיר דאַרפן אַריינ-

לייגן מער אַרבעט, ווי מיר נעמען אַרויס, ווייל די אַרבעט פון רייבונג גייט פאַרלוירן. אַ דאַנק דערזעלביקער רייבונג, קען צום גלייכגעוויכט אין רו-צושטאַנד די קראַפט זיין נאָך קלענער, ווי מיר האָבן אויסגערעכנט.

דער איינפאַכער פלאַשנצוג און שטופן-פלאַשנצוג ווערן געברויכט אין באַזונדערע פאַלן, וואו עס קומט אויס זיך צו באַנוגענען מיט אַ געגעבענער קליינער קראַפט צום איבערשטאַרקן אַ גרויסן ווידערשטאַנד, ווי צ. ב. אויסוואָרצלעןביימער, אָנציען דראָטן צווישן שטאַנגען, אַרויפשלעפן אַ שיף אויפן ברעג א. אַ. אין דער טעכנישער פּראַקטיקע באַגעגענען מיר עפטער דעם זייער פאַרשפרייטן

דיפערענציאַל-פלאַשנצוג. (צייכ. 44). ער באַשטייט פון איין באַוועגלעכן בלאָק און צוויי אומבאַוועגלעכע, וועלכע זיצן ביידע פעסט פאַרייניקט אויף איין אַקס (O). די קייט, וועלכע איז פאַרוואָרפן אויף די בלאָקן ווי אויף דער צייכענונג, איז אַ געשלאָסענע, ד. ה. מיט צונויפגעשלאָסענע עקן. בּאַ דער אַרבעט אויפצוהייבן אַ לאַסט מיטן דיפערענציאַל-פלאַשנצוג ווערט געצויגן פאַר דער קייט, וואָס גייט אַראָפּ פון גרעסערן אומבאַוועגלעכן בלאָק. דערביי וויקלט זיך די קייט אַרויף אויפן גרעסערן אומבאַוועגלעכן בלאָק (B) און וויקלט זיך אַראָפּ פון קלענערן (b) אַזוי, אַז אין ס"ה ווערט דער באַוועגלעכער בלאָק מיטן ווידערשטאַנד (לאַסט) פאַמעלעך געהייבן אויף דער דיפערענץ, וואָס באַקומט זיך פון די ביידע בלאָקן. (דערפון נעמט זיך דער נאָמען „דיפערענציאַל-פלאַשנצוג"). די שטיק קייט צווישן די בלאָקן ווערט אַלץ קירצער, די פרייע שטיק קייט — אַלץ לענגער. כּדי די קייט זאָל זיך נישט גליטשן איבער די בלאָקן, ווערט זייער רינגע אויסגעגאָסן מיט



צייכ. 44

ספּעציעלע געפורעמטע גריבלעך, אין וועלכע די רינגען לייגן זיך איין. די שטיק קייט F הענגט פריי.

כּדי צו וויסן וואָס פאַר אַ חלק די קראַפט איז פון ווידערשטאַנד דאַרף מען מאַכן אַ

ביישפּיל: זאָל זיין דער ראַדיוס (R) פון גרויסן אומבאַוועגלעכן בלאָק (צייכ. 44) 24 צמ., דער ראַדיוס (r) פון קלענערן 20 צמ. (דער

ראַדיוס פון באַוועגלעכן בלאָק איז פאַר אונז נישט וויכטיק. דער ווידער-שטאַנד (W) 1200 קג.; די קראַפט (K) לאָמיר אויסרעכענען:

ביידע קייטן K_1 און K_2 נעמען אויף זיך דעם גאַנצן ווידערשטאַנד און יעדע אַ העלפט, ד. ה. 1200 : 2 (600 גלייך קג. אין רו-צושטאַנד דאַרפן די דריימאָמענטן מיטן זייגערווייזער און אַנטקעגן זייגערווייזער זיין גלייך. מיטן זייגערווייזער ווערן די אומבאַוועגלעכע בלאָקן געדרייט דורך דער קראַפט K מיטן אַקסל 24 צמ. (דער גרויסער ראַדיוס) און דער אָנציִונג פון דער קייט K_2, דאָס איז 600 קג. מיטן אַקסל 20 צמ. (דער קליינער ראַדיוס) די סומע פון דידאָזיקע דריימאָמענטן איז גלייך $K \times 24 + 600 \times 20$; אַנט-קעגן זייגערווייזער דרייט די אָנציִונג פון דער קייט K_1 מיטן אַקסל 24 צמ. (דער גרויסער ראַדיוס), דער דריימאָמענט באַטרעפט 600×24. אַזוי-ווי די דריימאָמענטן זענען גלייך, שרייבן מיר:

$$K \times 24 + 600 \times 20 = 600 \times 24$$

הייסט עס, אַז דער דריימאָמענט $K \times 24$ איז גלייך $600 \times 24 - 600 \times 20$ אָדער ס"ה 600×4 און דאַן געפינען מיר שוין, אַז $K = (600 \times 4) : 24$ קג. אָדער $K = 600 \times {}^4/_{24}$. באַקומט זיך, אַז די קראַפט מאַכט אויס אַ $^4/_{24}$ חלק פון אַ האַלבן ווידערשטאַנד (600 קג.) אָדער $^4/_{48}$ פון גאַנצן ווידערשטאַנד.

די צאָל 4 באַקומט זיך ווי די דיפערענץ פון די ראַדיוסן, (24—20) די צאָל 48 (2×24) איז דער דיאַמעטער פון גרעסערן אומבאַוועגלעכן בלאָק איצט קענען מיר שוין זאָגן, אַז

ווען דער דיפערענציאַל-פלאַשנצוג איז אין גלייכגעוויכט, איז די קראַפט מיט אַזויפיל מאָל קלענער פון ווידערשטאַנד, מיט וויפל מאָל די דיפערענץ פון די ראַדיוסן פון די אומבאַ-וועגלעכע צוויי בלאָקן איז קלענער פון דיאַמעטער פון גרע-סערן פון זיי.

אַלגעבריש וועט זיך די גלייכקייט פון די דריימאָמענטן אויס-דריקן אַזוי:

$$KR + \frac{Wr}{2} = \frac{WR}{2}$$

טראָגן מיר אַריבער איין גליד פון לינקס אויף רעכטס. באַקומען מיר:

$$KR = \frac{WR}{2} - \frac{Wr}{2}$$

אָדער, אַרויסטראָגנדיק דעם שותּפישן פאַקטאָר:

$$KR = \frac{W\ (R-r)}{2}$$

איצט געפינען מיר, אז : $K : W = (R-r) : 2R$

מאכן מיר די דיפערענץ פון די ראַדיוסן זייער קליין, דאַן האָבן מיר זייער אַ גרויסן געווינס אין קראַפט. ווען צ. ב. די דיפערענץ פון די ראַדיוסן זאָל באַטרעפן 1 צמ. און דער ראַדיוס פון גרעסערן אומבאַוועגלעכן בלאָק זאָל זיין 36 צמ., דאַן באַטרעפט די קראַפט $1 : (36 \times 2)$, ד. ה. $1/72$ פון ווידערשטאַנד. אָבער מיט וויפל מאָל מיר געווינען דאָ אין קראַפט, אַנטקעגן דעם ווידערשטאַנד, ריכטיק מיט אַזויפיל מאָל פאַרלירן מיר אין וועג. אינדערעמתן:

באַ 1 טור פוןביידע אומבאַוועגלעכע בלאָקן וועט זיך די קייט אַרויפציען אויפן גרעסערן אויף אַ שטיק $3{,}14 \times 2 \times 24$ (אַלגעמיין $2 \Pi R$) די לענג פון זיין אומקרייז) און אַראָפּלאָזן גלייכצייטיק צוריק פון קלענערן אויף אַ שטיק $3{,}14 \times 2 \times 20$ (אַלגעמיין $2 \Pi r$), וועט בלייבן, אַז אַרויפגעצויגן האָט זיך $3{,}14 \times 2 \times 24 - 3{,}14 \times 2 \times 20$ אָדער $3{,}14 \times 2\ (24-20)$ אָדער $3{,}14 \times 2 \times 4$ (אַלגעמיין $2 \Pi (R-r)$); דידאָזיקע אַרויפגעצויגענע שטיק וועט זיך פאַרטיילן אויף די צוויי קייטן K_1 און K_2, אַזוי אַז דער ווידערשטאַנד וועט זיך אויפהייבן אויף אַ העלפט פון דעם ס״ה אויף $3{,}14 \times 4$ (אַלגעמיין $(R-r) \Pi$). דאָס איז דער וועג פון ווידערשטאַנד. דער וועג פון דער קראַפט איז, ווי פריער, $3{,}14 \times 2 \times 24$ ($2 \Pi R$). הייסט עס, אַז דער וועג פון ווידערשטאַנד וועט זיין מיט $(3{,}14 \times 2 \times 24) : 3{,}14 \times 4$ מאָל, אָדער $48 : 4$ מאָל, ד. ה. ריכטיק מיט אַזויפיל מאָל ווייניקער, מיט וויפל מאָל דער ווידערשטאַנד איז גרעסער. [אַלגעמיין $2 \Pi R : (R-r) \Pi$ אָדער $(R-r) : 2R$]. אַזויאַרום וועלן די פּראָדוקטן פון קראַפט מאָל איר וועג און ווידערשטאַנד מאָל זיין וועג זיין גלייך, ד. ה.

מיטן דיפערענציאַל-פלאַשנצוג ווערט קיין אַרבעט ניט געוווּנען; וואָס מען געווינט אין קראַפט, פאַרלירט מען אין וועג (אָדער צייט) און אומגעקערט.

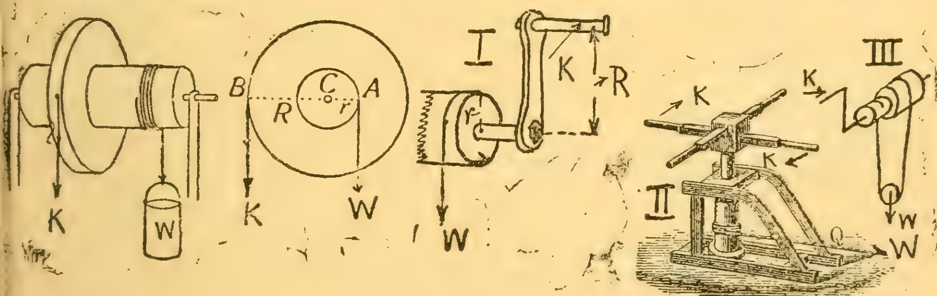
דאָס איז, פאַרשטייט זיך, גערעדט געוואָרן, ווען קיין רייבונג וואָלט נישט געווען. פּראַקטיש וועלן מיר, צוליב דער רייבונג, דאַרפן אַריינלייגן אַ סך מער אַרבעט, ווי מיר וועלן אַרויסנעמען, ווייל אַ טייל אירער וועט פאַרבראויכט ווערן אויף דער רייבונג.

אויפגאַבעס. (אין אַלע אויפגאַבעס נישט נעמען אין אַכט די רייבונג)

1) עס דאַרף אויפגעהייבן ווערן אַ לאַסט פון 1800 קג. וואָס פאַר אַ קראַפט דאַרף מען דערצו פאַרווענדן, כדי עס דורכפירן מיט דער היילף פון: א) אַ געוויינלעכן פלאַשנצוג מיט 6 בלאָקן; ב) אַ שטופנפלאַשנצוג מיט 3 באַוועגלעכע בלאָקן; ג) אַ דיפערענציאַל־פלאַשנצוג מיט די ראַדיוסן פון גרעסערן בלאָק 24 צמ., פון קלענערן 22 צמ. 2) וואָס פאַר אַ לאַסט קען מען אויפהייבן מיט אַ קראַפט פון 40 קג. מיט דער היילף פון: א) געוויינלעכן פלאַשנצוג מיט 4 בלאָקן; ב) אַ שטופנפלאַשנצוג פון 2 באַוועגלעכע בלאָקן; ג) אַ דיפערענציאַל־פלאַשנצוג מיט די ראַדיוסן פון די באַוועגלעכע בלאָקן: פון גרעסערן 20 צמ., פון קלענערן 18 צמ. 3) מען וויל מאַכן אַ דיפערענציאַל־פלאַשנצוג, אַזוי אַז די קראַפט זאָל באַטרעפן 1/24 פון ווידערשטאַנד און דער ראַדיוס פון גרעסערן באַוועגלעכן בלאָק זאָל באַטרעפן 24 צמ. ווי גרויס דאַרף זיין דער ראַדיוס פון קלענערן בלאָק? 4) דערזעלבער באַדונג וואָס פריער, נאָר דער ראַדיוס פון קלענערן זאָל זיין 18 צמ. ווי גרויס דאַרף זיין דער ראַדיוס פון גרעסערן? 5) מיט דער היילף פון אַ דיפערענציאַל־פלאַשנצוג הייבט מען אַ לאַסט פון 800 קג. דורך אַ קראַפט פון 32 קג. דער ראַדיוס פון גרעסערן בלאָק איז 22 צמ.; אויסרעכענען דעם ראַדיוס פון קלענערן. 6) דערזעלבער באַדונג, וואָס פריער, נאָר דער ראַדיוס פון קלענערן בלאָק באַטרעפט 20 צמ.; אויסרעכענען דעם ראַדיוס פון גרעסערן.

§ 34. דער וואַלראָד (ווינדע) און זיינע קאָמבינאַציעס.

אָפטער ווי אַלע אויסגערעכנטע בלאָקן באַגעגענען מיר אין דער טעכניק



צייכ. 45

דעם וואַלראָד (צייכ. 45). דאָס זענען צוויי צילינדערס, וואָס זיצן אויף אַ שותּפישער אַקס. די קראַפט K איז צוגעלייגט צו איינעם פון די צי־

לינדערס, דער ווידערשטאַנד W צום צווייטן אָדער דירעקט אָדער דורך אַ שטריק.

ווי מיר זעען פון דער צייכענונג 45 שטרעבן דידאָזיקע בײדע קרעפטן K און W צו דרייען דעם וואַלראָד אין פאַרשיידענע ריכטונגען: איינע מיטן זייגערווייזער, די צווייטע אַנטקעגן. גלייכגעוויכט פון וואַלראָד וועט זיין דאַן, ווען די דריימאָמענטן אַרום דער שוּתּפישער אַקס וועלן זיין גלייך (רייבונג אויסגעלאָזן). אויב דער ראַדיוס פון איין צילינדער, אויף וועלכן עס ווירקט די קראַפט K, וועט זיין R, דער ראַדיוס פון צווייטן, אויף וועלכן עס ווירקט דער ווידערשטאַנד W, וועט זיין r, וועלן דידאָזיקע ראַדיוסן זיין די אַקסלען פון די קרעפטן און די גלייכקייט פון די דריימאָמענטן וועט זיך אויסדריקן

1) $K \times R = W \times r$ אָדער 2) $K : W = r : R$ ד. ה.

דער וואַלראָד איז אין גלייכגעוויכט, ווען די פּראָדוקטן פון קראַפט מאָל איר אַקסל און ווידערשטאַנד מאָל זיין אַקסל זענען גלייך, אָדער, ווי מיר דריקן עס אויס מאַטעמאַטיש: ווען די קרעפטן פאַר־האַלטן זיך פאַרקערט פּראָפּאָרציאָנעל צו די ראַדיוסן, זייערע אַקסלען.

ביישפּיל 1. דער ווידערשטאַנד W באַטרעפט 200 קג., זיין אַקסל, דער ראַדיוס) 20 צמ.; דער אַקסל פון דער קראַפט K באַטרעפט 32 צמ.; ווי גרויס דאַרף זיין די קראַפט?

שרייבן מיר די גלייכקייט פון די מאָמענטן: $K \times 32 = 200 \times 20$ אָדער $32 \times K = 4000$ איצט געפינען מיר, אַז $K = 4000 : 32$ דאָס איז 125 קג.

וואָס אָנבאַלאַנגט דער אַרבעט מיטן וואַלראָד, איז לייכט צו ווייזן, אַז די אַרבעט, וואָס די קראַפט לייגט אַריין, איז גלייך צו דער אַרבעט, וואָס דער ווידערשטאַנד פאַרשלינגט. אינדערואמתן: פאַר איין אומדרייונג וועט די קראַפט אַרויסגעבן אַרבעט $K \times 2 \times 3{,}14 \times R$ און דער ווידערשטאַנד וועט איינשלינגען $W \times 2 \times 3{,}14 \times r$ און אַזוי ווי $W \times r = K \times R$, וועלן דידאָזיקע צאָלן אויך זיין גלייך, ד. ה.

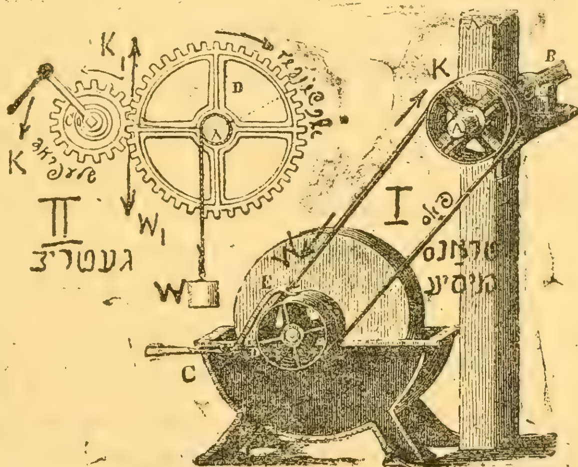
מיטן וואַלראָד ווערט קיין אַרבעט נישט געוווּנען; וואָס מען געווינט אין קראַפט פאַרלירט מען אין וועג (אָדער צייט) און פאַרקערט.

פאַרשטייט זיך, אַז צוליב דער רייבונג אין די לאַגערס, צווישן די

צילינדערס און שטריק א. אַז. וו. ווען מיר דאַרפֿן אַריינגעלייגן מער אַר-בעט ווי מיר ווילן אַרויסנעמען.

די קאָמבינאַציעס פון וואַלראָד קענען זיין זייער פאַרשיידנאַרטיק: אנשטאָט דעם גאַנצן צילינדער, אויף וועלכן די קראַפט ווירקט קען מען נעמען א קאָלבע (צייכ. 45 I), אָנשטאָט דעם צילינדער, אויף וועלכן עס ווירקט דער ווידערשטאַנד, קען זיין אַ שייבע פאַר אַ פּאַס, פאַר אַ ביזע, וועלכע באַוועגן אַן אַנדער ווידערשטאַנד. עס קען אויך זיין אַ צאָנראָד. די אַקס פון וואַלראָד קען אויך זיין נישט האָריזאָנטאַל, נאָר ווערטיקאַל (צייכ. 45 II). עס קען אויך זיין אַ קאָמבינאַציע פון אַ דיפערענציאַל-וואַלראָד (צייכ. 45 III).

צוויי אָדער מער וואַלרעדער קענען זיך שליסן דורך אַ קייט, אַ פּאַס. דאַן הייסט עס טראַנסמיסיע (צייכ. 46 I), ווען זיי שליסן זיך דורך ציינער בײַ-דן זיי אַ געטריב פון צאָנרעדער (צייכ. 46 II), צווישן וועלכע מיר אונטערשיידן דעם שלעפּראָד, צו וועלכן עס איז צוגעלייגט די קראַפט, און דעם געשלעפּטן ראָד, אויף וועלכן עס ווירקט דער ווידערשטאַנד.



צייכ. 46

ווען מיר האָבן צו טאָן מיט טראַנסמיסיעס אָדער געטריבן, דאַרף מען געדענקען, אַז די ליניאַרע געשווינדקייט אויפן אומקרייז פון צוויי זיך שליסנדיקע שייבעס אָדער צאָנרעדער זענען גלייך, ד. ה. די קלענערע שייבע, אָדער צאָנראָד, מאַכט מיט אַזויפיל מאָל מער טורן אין אַ מינוט אַנטקעגן דער גרעסערער, מיט וויפל מאָל איר דיאַמעטער, (אָדער די צאָל ציינער) איז קלענער פון דיאַמעטער, (אָדער צאָל ציינער) פון גרעסערן. דידאָזיקע שייבות פאַרהעלפט אונז אויסצורעכענען

דער דיאַמעטער, אָדער די צאָל טורן אָדער די צאָל ציינער פון איין שייבע, אָדער צאָנראָד, ווען מען גיט אונז דעם דיאַמעטער, אָדער די צאָל טורן אָדער צאָל ציינער פון דער צווייטער שייבע אָדער צאָנראָד. **אין די אויסרעכענונגען דארפן אלע לענגמאָסן זיין דיזעלביקע,** צ. ב. אלע דיאַמעטערס אין צמ. אָדער דמ. אָדער מ. א. אז. וו.

ביישפיל 2. א שייבע מיט א דיאמעטער פון 240 ממ. שליסט זיך דורך אַ פּאַס מיט א צווייטער, וועלכע מאַכט 250 טורן מינ. און האָט א דיאמ. פון 600 ממ.; וויפל טורן מינ. ווערט מאַכן די קלענערע שייבע?

מאַכן מיר אַזוי: מיט וויפל מאָל איז דער גרויסער דיאמעטער גרעסער פון קלענערן? 240 : 600 גלייך 2,5; מיט אַזויפיל מאָל מער טורן וועט זי מאַכן פון דער גרעסערער, ד. ה. 2,5×250 גלייך 625 טור מינ.

ביישפיל 3. צוויי שייבעס שליסן זיך דורך אַ פּאַס; דער דיאַמעטער פון דער גרעסערער באַטרעפט 480 ממ. און זי מאַכט 300 טור. מינ.; ווי גרויס דארף זיין דער דיאַמעטער פון דער קלענערער, אויב זי דארף מאַכן 750 טורן מינ.?

מאַכן מיר אַזוי: מיט וויפל מאָל מער טורן מאַכט די קלענערע אַנטקעגן דער גרעסערער? 300 : 750 גלייך 2,5; מיט אזויפיל מאָל קלענער וועט זיין איר דיאַמעטער אַנטקעגן דעם גרעסערן: 2,5 : 480 גלייך 192 ממ.

ביישפיל 4. צוויי צאָנרעדער שליסן זיך: דער גרעסערער האָט 72 ציינער און מאַכט 60 טור. מינ.; דער קלענערער האָט 48 ציינער: וויפל טור. מינ. מאַכט דער קלענערער?

מאַכן מיר אַזוי: מיט וויפל מאָל ווייניקער ציינער האָט דער קלענערער אַנטקעגן גרעסערן? 48 : 72 גלייך 1,5 מיט אזויפיל מאָל מער טורן וועט ער מאַכן אַנטקעגן דעם גרעסערן, ד. ה. 1,5×60 גלייך 90.

ביישפיל 5. צוויי צאָנרעדער שליסן זיך; דער גרעסערער האָט 96 ציינער און מאַכט 120 טורן מינ. וויפל ציינער דארף האָבן דער קלענערער, כּדי ער זאָל מאַכן 180 טור. מינ.?

מאַכן מיר אַזוי: מיט וויפל מאָל מער טורן מאַכט דער קלענערער אַנטקעגן דעם גרעסערן: 120 : 180 גלייך 1,5; מיט אַזויפיל מאָל ווייניקער ציינער דארף ער האָבן אַנטקעגן דעם גרעסערן 1,5 : 96 גלייך 64.

אויפגאַבעס: 1) די קאָלבע פון א וואַלראָד (ווינדע) באַטרעפט 0,75 מ.; דער אַרבעטער ווירקט אויף איר מיט א קראַפט פון 16 קג.; דער דיאַמעטער פון וואַל באַטרעפט 24 צמ.; וואָס פאַר א לאַסט וועט ער קענען אויפ-

הייבן, אויב די רייבונג נעמט צו 8 % פון דער אַריינגעלייגטער ענערגיע ;
וויפל אומדרייונגען וועט ער דאַרפן מאַכן, כדי אויפצוהייבן די לאַסט
אויף 3,5 מ. ? 2) ווי גרויס דאַרף זיין דער ראַדיוס פון דער
קאָלבע פון אַ ווינדע מיט אַ דיאַמעטער פון וואַל 0,3 מ., אויב די לאַסט
וואָס מען וויל הייבן באַטרעפט 240 קג. און דער אַרבעטער דריקט מיט אַ
קראַפט פון 20 קג. 3) די לענג פון דער קאָלבע פון אַ מאַנגל
באַטרעפט 0,6 מ. ; דער ראַדיוס פון צאָנראָד 18 צמ. ; די וואָג פון פרעס,
וואָס ווערט באַוועגט האָריזאָנטאַל באַטרעפט 500 קג. ; וויפל נעמט צו די
רייבונג צווישן פרעס און די וועש אויב דער אַרבעטער דריקט מיט אַ
קראַפט פון 20 קג. ; אויסרעכענען דעם קאעפיציענט פון רייבונג.

§ 35. דער גאָלדענער זאַץ פון מעכאַניקע. נוץ=קאָעפיציענט.

פערפעטוום מאָבילע. אין אַלע ביז איצט באַטראַכטע מאַשינעס האָבן
מיר געזען, אַז קיין אַרבעט ווערט מיט זיי נישט געוואונען, ד. ה. די אַר-
בעט, וואָס מיר ווילן אַרויסבאַקומען מיט דער היקף פון דער מאַשין, דאַרף
אין איר אַריינגעלייגט ווערן. דער דאָזיקער זאַץ ווערט אין דער מעכאַניקע
אַ:גערופן דער גאָלדענער זאַץ און ווערט אויסגעדריקט אַזוי :

דורך קיין שום מאַשין ווערט קיין אַרבעט נישט געווו=נען ; וואָס עס ווערט געוואונען אין קראַפט, ווערט פאַרלאָרן אין וועג (אָדער צייט) און אומגעקערט.

הייסט עס, אַז טעאָרעטיש קען מען מיט אַ מאַשין אַרויסבאַקומען
נישט מער אַרבעט, וויפל מען לייגט אין איר אַריין. פראַקטיש, ווי מיר
ווייסן, נעמען מיר אַרויס ווייניקער, ווייל די רייבונגען, וואָס זענען אומ-
פאַרמיידלעך אין יעדער מאַשין, שלינגען איין אַ טייל פון דער אַריינגע-
לייגטער אַרבעט, וועלכער זי גיבן צוריק נישט אַרויס. וואָס קלענער די
רייבונג איז (ווייניק באַוועגלעכע טיילן, גוט צוגעפאַסטע טיילן, גוטע שמירונג),
אַלץ אַ גרעסערן חלק פון דער אַריינגעלייגטער אַרבעט גיט די מאַשין
צוריק אַרויס.

דער חלק אַרויסגעגעבענער אַרבעט, אַנטקעגן דער אַריינגעלייגטער,
וואָס אַ מאַשין גיט אַרויס, הייסט דער נוץ=קאָעפיציענט פון דער מאַשין,
אָדער איינריכטונג בכלל.

אַזויאַרום, וואָס קלענער די רייבונגען, די פאַרלוסטן פון אַרבעט בכלל,
אין אַ מאַשין זענען, אַלץ גרעסער איז איר נוצקאָעפיציענט, וועלכער קען

אָבער קיינמאָל נישט זיין גלייך 1, ווייל די אַריינגעלייגטע אַרבעט קען אינגאַנצן בשום אופן נישט אַרויסגענומען ווערן.

ווען מיר זאָגן „אַריינלייגן אַרבעט”, מיינט מען עס נישט, אַז גראָד אונזער מענטשלעכע אָדער חיהשע מוסקול-אַרבעט. דאָס מיינט בכלל וועלכע עס איז ענערגיע אין וועלכער עס איז פאָרם. דער ווינט, צ. ב. וואָס דרייט די מילפליגלען, לייגט אַהין אַריין אַרבעט, און די אַרבעט וואָס איז אַנט-האַלטן אין די צעמאָלענע מעל איז געוויס ווייניקער, ווי די, וואָס דער ווינט האָט אַריינגעלייגט, ווייל רייבונגען האָבן אַ טייל אַרבעט פאַרשלונגען.

דער גאָלדענער זאַץ פון מעכאַניקע איז אַ וויכטיקע וויסנשאַפטלעכע אַנטדעקונג. ביז דערדאָזיקער זאַץ איז אַנטדעקט געוואָרן, האָבן פיל מענטשן, אָפטמאָל געלערנטע, זיך געבראָכן דעם קאָפּ אויסצוקלערן אַזאַ „מאַשינעריע”, וואָס זאָל זיך באַוועגן אייביק, זי הייסט אין דער וויסנשאַפט פּערפּעטוום מאָבילע (לאַטייניש: אייביקע באַוועגונג). קיינעם האָט זיך עס אָבער נישט איינגעגעבן. דער גאָלדענער זאַץ פון מעכאַניקע לערנט אונז, אַז אַזעלכע זוכענישן זענען פון וויסנשאַפטלעכן שטאַנדפּונקט אומאויספירבאַרע פאַנטאַזיעס. מיר קענען אויסגעפינען ענערגיעס, צ. ב. עלעקטרע, אַז מענטשן אָדער חיות זאָלן פאַרשפּאָרן אַרבעטן, אָבער אַ מאַשין זאָל אַרויסגעבן אַרבעט, וועלכער מען זאָל נישט דאַרפן אַפריער אין איר אין וועלכער עס איז פאָרם אַריינלייגן, אַזוינס איז אוממעגלעך. דער מעכאַניזם פון אַ זייגער האָט באַזונדערס געדרייצט דער פאַנטאַזיע פון די זוכערס פון אַ פּערפּערטוום מאָבילע: מען דרייט איינמאָל אָן און עס גייט אַ לאַנגע צייט. זיי האָבן אָבער נישט געוואוסט, אַז מיט דעם איינמאָליקן אָנדרייען דעם זייגער לייגן מיר שוין אַריין די גאַנצע אַרבעט, וואָס דער זייגער פאַרברויכט אין משך פון אַ לענגערע צייט.

אַזוי־אַרום ווייזט אונז דער גאָלדענער זאַץ די גרעסטע מאָס אַרבעט, וואָס מיר קענען פון אַ מאַשין אַרויסבאַקומען, נעמלעך: וויפל מיר האָבן אין איר אַריינגעלייגט. פון דער טעכנישער פונקציאָנירונג פון דער מאַשין איז אָפּהענגיק, וואָס פאַר אַ חלק פון דער אַריינגעלייגטער אַרבעט זי וועט פאַרשלינגען אויף רייבונג און דעם איבעריקן חלק אַרויסגעבן.

ווען מיר אויסלאָזן די רייבונגען און באַטראַכטן אַ מאַשין ריין טעאָרעטיש, דאַן קענען מיר זאָגן, אַז די אַריינגעלייגטע אַרבעט איז גלייך דער אַרויסבאַקומענער. דאָס איז פאַר אונז וויכטיק, כדי צו וויסן די אַרבעט פון דער קראַפט, וועלכע ווערט אַריינגעלייגט, ווען מיר ווייסן די אַרבעט,

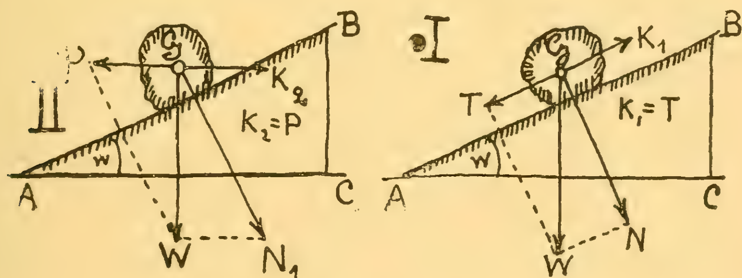
וואָס ווערט אַרויסגענומען אָדער פאַרקערט. און דאָס וועלן מיר אויסנוצן באַם באַטראַכטן די ווייטערדיקע מאַשינעס.

§ 36. דער גענייגטער פליין. דער קלין. דער שרויף.

גענייגטער פליין הייסט אין דער פיזיקע אַ פליין, אָדער אַ ליניע (AB), וועלכע איז גענייגט צום האָריזאָנט מיט אַ ווינקל w (צייכ. 47) און אויף וועלכן עס באַוועגט זיך אַ וועלכער עס איז ווידערשטאַנד (W), וועלכער ווירקט פערפענדיקולער צום האָריזאָנט (GW ⊥ AC).

פאַר אַ ביישפיל פון אַ גענייגטן פליין קען אונז דינען אַ גענייגטע ברעט, אַ לייטער, אַ גאַס וואָס גייט באַרג אַרויף אָדער באַרג אַראָפּ, אַ פליגל פון אַ דאַך, די קלעצער, וועלכע פורמאַנעס באַנוצן צום אַרויפשלעפּן אַ משא אויף דער פור א. אַ.

צייכנעריש ווערט אַ גענייגטער פליין פאָרגעשטעלט ווי די היפּאָטענוזע (AB צייכ. 47) פון אַ רעכטן דרייעק. די האָריזאָנטאַלע קאַטעטע (AC) הייסט די באַזע פון גענייגטן פליין, די ווערטיקאַלע קאַטעטע (BC צייכ. 47) הייסט די הייך פון גענייגטן פליין, די לענג פון דער היפּאָ-



צייכ. 47

טענוזע הייסט די לענג פון גענייגטן פליין. אַזוי־אַרום איז די ריכטונג פון ווידערשטאַנד W פּאַראַלעל צו דער הייך פון גענייגטן פליין, ווייל פּערפּענדיקולער צו דער באַזע.

ליגט אויפן גענייגטן פליין אַ קערפּער (G), וועלכער ווירקט מיט אַ ווידערשטאַנד (קראַפט, דער וואָג צ. ב.) פּערפּענדיקולער צו דער באַזע פון גענייגטן פליין, דאַן קענען מיר דעמדאָזיקן ווידערשטאַנד צעלייגן אין צוויי קאָמפּאָנענטעס: איינע (GN) פּערפּענדיקולער צום גענייגטן פליין, וועלכע וועט צודריקן דעם קערפּער צום פליין, און אַ צווייטע (GT) פּאַראַלעל צום גענייגטן פליין, וועלכע וועט שטרעבן אַראָפּצושיבן דעם

קערפּער פון גענייגטן פּליין אַראָפּ. פרעגט זיך: ווי גרויס דאַרף זיין די קעגנקראַפט אַנטקעגן דעם ווידערשטאַנד W, וועלכע וועט דעם קערפּער נישט לאָזן זיך אַראָפּשיבן, אָדער וועלכע וועט באַוועגן אים גלייכמעסיק אַרויפצו, ד. ה. האַלטן אים אין גלייכגעוויכט אויפן גענייגטן פּליין?

דער ענטפער אויף דער פראַגע ווענדט זיך אָן דעם, וואָס פאַר אַ ריכטונג די דאָזיקע קעגנקראַפט וועט האָבן: צי פּאַראַלעל צום גענייגטן פּליין, צי פּאַראַלעל צו זיין באַזע.

לאָמיר באַטראַכטן יעדן פאַל באַזונדער און לאָמיר דאָ באַנוצן דעם גאָלדענעם זאַץ פון מעכאַניקע, וועלכער זאָגט, אַז די אַרבעט, וואָס די קראַפט האָט אַרויסגעגעבן, דאַרף זיין גלייך צו דער אַרבעט, וואָס דער ווידערשטאַנד האָט פאַרשלונגען. (רייבונג אויסגעלאָזן).

ווען די קראַפט איז פּאַראַלעל צום גענייגטן פּליין, (צייכ 47 I) וועט זי דורכגיין די שטרעקע AB גלייך דער לענג פון גענייגטן פּליין; פאַר דערזעלביקער צייט וועט דער ווידערשטאַנד געהייבן ווערן פון פּונקט A ביז B, ד. ה. אויף דער הייך BC, פון גענייגטן פּליין. הייסט עס, אַז די קראַפט, פאַרמערט אויף דער לענג פון גענייגטן פּליין AB, די אַרבעט פון דער קראַפט, דאַרף זיין גלייך צום ווידערשטאַנד, פאַרמערט אויף דער הייך פון גענייגטן פּליין BC, דער אַרבעט וואָס דער ווידערשטאַנד האָט פאַרשלונגען. אַזוי ווי AB איז גרעסער פון BC, און די אַרבעטן זענען גלייך, וועט די קראַפט K_1 פּונקט מיט אַזויפיל מאָל זיין קלענער פון ווידערשטאַנד W; אַזוי אַרום קענען מיר זאָגן, אַז

די קראַפט, וואָס איז פּאַראַלעל צום גענייגטן פּליין און האַלט אין גלייכגעוויכט אַ ווידערשטאַנד אויף אים, איז מיט אַזויפיל מאָל קלענער פון ווידערשטאַנד, מיט וויפל מאָל די הייך פון גענייגטן פּליין איז קלענער פון זיין לענג.

ביישפּיל **1.** דער ווידערשטאַנד באַטרעפט 200 קג; די לענג פון פּליין 2 מ, זיין הייך 0,5 מ.; ווי גרויס וועט זיין די קראַפט? מאַכן מיר אַזוי:

מיט וויפל מאָל איז די הייך קלענער אַנטקעגן דער לענג: 2:0,5 דאָס איז 4 מאָל, — מיט אַזויפיל מאָל וועט די קראַפט זיין קלענער פון ווידערשטאַנד און זי וועט באַטרעפן 200:4 גלייך 50 קג.

דערפון שליסן מיר, אַז וואָס קלענער עס וועט זיין די הייך פון גענייגטן פּליין, וואָס קלענער דער ווינקל (w) צווישן פּליין און האָריזאָנט,

אַלץ אַ קלענערע קראַפט וועלן מיר דאַרפן פאַרווענדן. ווען די קראַפט וועט זיין פאַראַלעל צו דער באַזע, (צייכ. 47 II) וועט זי אַרויסגעבן אַרבעט אויף דער שטרעקע AC, ווייל דאָס איז איר ריכטונג, און דער פּראָדוקט פון קראַפט מאָל די באַזע AC דאַרף זיין גלייך צום פּראָדוקט פון ווידערשטאַנד מאָל די הייך BC; אויב AC וועט זיין גרעסער פון BC וועט די קראַפט זיין פונקט מיט אַזויפיל מאָל זיין קלענער פון ווידער-שטאַנד אַזויאַרום:

די קראַפט, וואָס איז פאַראַלעל צו דער באַזע פון גע-נייגטן פליין און האַלט אין גלייכגעוויכט אַ ווידערשטאַנד אויף אים, איז מיט אַזויפיל מאָל קלענער פון ווידערשטאַנד, מיט וויפל מאָל די הייך פון גענייגטן פליין איז קלענער פון זיין באַזע.

ווען מיר באַצייכענען די לענג פון גענייגטן פליין דורך l (צמ) די הייך זיינע דורך h (צמ.), די באַזע דורך b (צמ.), די קראַפט K (קג.) און ווידערשטאַנד W (קג.), דאַן וועלן מיר די ביידע שייכותן אויסדריקן אַלגעבריש.

ווען די קראַפט איז פּאַראַלעל צום גענייגטן פליין

$$K:W = h:l$$

ווען די קראַפט איז פּאַראַלעל צו דער באַזע

$$K:W = h:b$$

דיזעלביקע שייכות צווישן קראַפט און ווידערשטאַנד וואָלטן מיר געפונען, פאַרגלייכנדיק דעם קרעפטן-דרייעק WGN (פאַרן ערשטן פאַל) אָדער דעם קרעפטן-דרייעק WGN_1 (פאַרן צווייטן פאַל) מיטן דרייעק ABC, צו וועלכן זיי זענען ביידע ענלעך:

פאַרן ערשטן פאַל: $WN : GW = BC : AB;\ WN = GK_1$

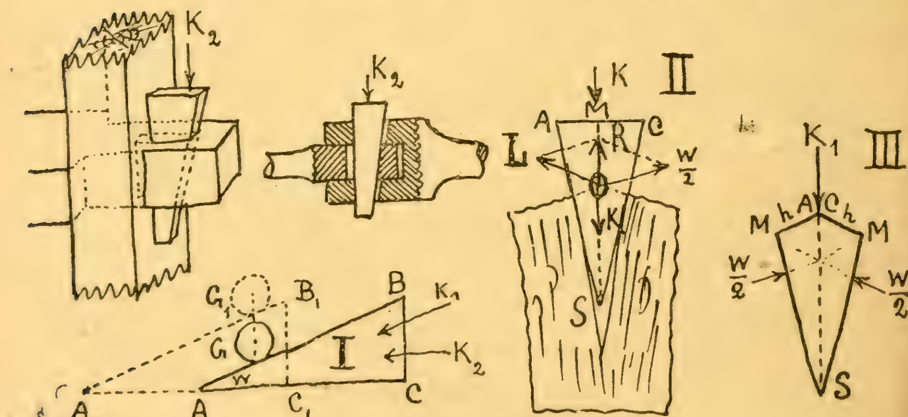
פאַרן צווייטן פאַל: $WN_1 : GW = BC : AC;\ WN_1 = GK_2$

גראַפיש, ד. ה. צייכנעריש קענען מיר געפינען די גרויס פון דער קראַפט אַנטקעגן דעם ווידערשטאַנד אַזוי: ווען מען גיט אונז די הייך פון פליין און זיין לענג (אָדער זיין באַזע) אין וועלכע עס איז לענגמאָסן, שטעלן מיר אויף אין אַ וועלכן עס איז מאַשטאַב אַזאַ רעכטן דרייעק (ABC צייכ. 47), פון אַ וועלכן עס איז פונקט G ציען מיר אַ פּערפּענדיקל (GW) צו דער באַזע (AC) און לייגן אָפּ אויף דעמדאָזיקן פּערפּענדיקל דעם ווידערשטאַנד (GW) אויף אין אַ וועלכן עס איז מאַשטאַב; דעם

ווידערשטאַנד (GW) צעלייגן מיר אין צוויי קאָמפּאָנענטעס: איינע פּער-פּענדיקולער צום פליין (GN) און די צווייטע פּאַראַלעל צו אים (GT), אָדער איינע פּערפּענדיקולער צום פליין, (GN₁) און די צווייטע פּאַראַלעל צו דער באַזע (GP); דאַן באַקומען מיר די גרויס פון דער קראַפט (GK₁) אָדער (GK₂) געמאָסטן אין זעלביקן מאַשטאַב, ווי מיר האָבן אָפּגעלייגט דעם ווידערשטאַנד (GW).

באַ אַזאַ גראַפישער לעזונג פון דער אויפגאַבע קען מען אונז געבן אָנשטאָט די שטרעקעס פון דער לענג, דער הייך און דער באַזע פּשוט דעם ווינקל (w) אַליין, מיט וועלכן דער פליין איז גענייגט צום האָריזאָנט. דאַן שטעלן מיר אויף אַ וועלכן עס איז רעכטן דרייעק מיט אַ שאַרפן ווינקל (w) באַ דער באַזע און מאַכן אַלץ ווי פריער. דער ענטפער וועט זיך באַקומען דערזעלביקער, ווייל אונז איז וויכטיק נאָר די פאַרהעלטע-ניש פון די שטרעקעס (הייך צו לענג, אָדער הייך צו באַזע) און דיזאָזיקע פאַרהעלטעניש וועט בלייבן דיזעלביקע באַ אַלע רעכטע דרייעקן, וועלכע האָבן דעמזעלביקן שאַרפן ווינקל (w), צוליב זייער ענלעכקייט.

אַזויאַרום איז דער גענייגטער פליין אַ מאַשין: ציענדיק דעם קערפּער לענגאויס דעם פליין, הייבן מיר אים גלייכצייטיק אַרויף.



ציב. 48

ווילן מיר דעם קערפּער נישט באַוועגן לענגאויס דעם פליין, דאַן קענען מיר דעם פליין אַרונטערשיבן אונטערן קערפּער און שטופּן דעם פליין אין דער ריכטונג צום שפּיץ, דאַן וועט דער קערפּער זיך הייבן נאָך

ווערטיקאַל. (צייכ. 48–I) די ריכטונגען פון דער קראַפט, וועלכע וועט שיבן דעם פליין אונטערן קערפּער קען אויך זיין אָדער פּאַראַלעל צום געניייגטן פליין (K_1), אָדער פּאַראַלעל צו זיין באַזע (K_2). אָט דעמדאָזיקן ערשטן מיטל זעען מיר טאַקע אָנגעווענדט אין

קלין. (צייכ. 48–II) דאָס איז אַ קאָמבינאַציע פון צוויי געניייגטע פליינען, צונויפגעלייגט מיט זייערע באַזעס. מיר זעצן אַריין דעם קלין אין שפּאַלט פון האָלץ צ. ב. און טרייבן אים אַריין (שיבן אים) אין האָלץ דורך די קלעפּ פון אַ האַמער איבערן קאָפּ AC פון קלין. דער ווידערשטאַנד פון האָלץ דריקט אויף די זייטיקע פליינען פון קלין, זיי הייסן די באַקן פון קלין, און שטרעבן אַרויסצושטויסן דעם קלין פון האָלץ (ווי מיר שיסן מיט באַקסער-ביינדלעך, איינקוועטשנדיק זיי צווישן פייכטע פינגער). דאָס זעען מיר אויך פון דער רעזולטאַנטע OR, וועלכע באַקומט זיך פון די ווידערשטאַנדן פון ביידע זייטן פון קלין. עס איז קלאָר, אַז כּדי דער קלין זאָל בלייבן אין גלייכגעוויכט, ד. ה. אין רו אָדער גלייכמעסיקער-באַוועגונג פאָרויס, דאַרף די קראַפט זיין גלייך צו דערדאָזיקער רעזולטאַנטע, נאָר פאַרקערט געריכטעוועט (רייבונג אויסגעלאָזן).

כּדי אויסצורעכענען די גרויס פון דער קראַפט אַנטקעגן דעם ווידערשטאַנד, לאָמיר ווידער אויפשטעלן די גלייכקייט פון די אַרבעטן לויטן גאָלדענעם זאַץ. אַזוי ווי דער ווידערשטאַנד דאַרף זיין פּערפּענדיקולער צו דער באַזע פון געניייגטן פליין, לאָמיר זיך פאָרשטעלן דעם קלין צונויפגעלייגט פון די ביידע געניייגטע פליינען אַזוי, אַז די היפּאָטענוזעס דעקן זיך (צייכ. 48 III). דאַן וועט דער ווידערשטאַנד דריקן אויף די באַזעס און פּערפּענדיקולער צו זיי. די ווירקונג פון קלין אַלס מאַשין וועט זיך פון דעם נישט ענדערן. אויף יעדער באַזע וועט ווירקן אַ העלפט פון גאַנצן ווידערשטאַנד פון מאַטעריאַל. יעדע העלפט פון דער קראַפט (K) וועט האַלטן אין גלייכגעוויכט אַ העלפט פון ווידערשטאַנד.

די גאַנצע קראַפט K אַרבעט אין דער ריכטונג פון דער לענג (b) פון דער באַק; דער גאַנצער ווידערשטאַנד ווערט געהייבן אויף דער שטרעקע AC, דער ברייט K פון קאָפּ, (גלייך MC+MA) ווייל די האָלץ גייט זיך אויף אַזויפיל פונאַנדער. די פּראָדוקטן: קראַפט מאָל די לענג פון דער באַק און ווידערשטאַנד מאָל ברייט פון קאָפּ דאַרפן זיין גלייך. וואָס לענגער די באַק, אָדער וואָס שמעלער דער קאָפּ פון קלין איז, אַלץ קלענער

איז די קראַפט אַנטקעגן דעם ווידערשטאַנד, אַלץ לייכטער איז צו אַרבעטן (שפּאַלטן, שניידן) מיטן קלין. אַזוי־אַרום קענען מיר זאָגן, אַז

די קראַפט, וואָס ווירקט אויף דעם קאָפּ פון קלין און האַלט אין גלייכגעוויכט דעם ווידערשטאַנד פון מאַטעריאַל, איז מיט אַזויפיל מאָל קלענער פון ווידערשטאַנד, מיט וויפל מאָל די באַק פון קלין איז לענגער פון זיין קאָפּ.

דיזעלביקע שייכות וואָלטן מיר געפונען, פאַרגלייכנדיק דעם קרעפטן־דרייעק OLR (OL דער ווידערשטאַנד אויף איין באַק, OR די קעגנקראַפט וואָס איז גלייך צו דער קראַפט K) מיטן (גלייכלענדיקן) דרייעק SAC פון קלין, וועלכע זענען ענלעך

1) $OL : OR = SA : AC$, אָדער 2) $\frac{W}{2} : \frac{K}{2} = b : k$ 3) $W : K = b : k$

די אָנווענדונג פון קלין זעען מיר אין יעדן שנייד, שפּאַלט און לעכער אינסטרומענט (האַק, מעסער, דלאָטע, שטעמאייזע, מעשלינג, דורכשלאָג א. אַ.) ווי אויך צום פאַריניקן צוויי באַזונדערע טיילן.

פאַרשטייט זיך, **אַז סיי מיטן געניגטן פליין, סיי מיטן קלין, געווינט מען נישט קיין אַרבעט,** ווי מיר האָבן זיך אויף דעם טאַקע געשטיצט בײַם געפינען די גרויס פון דער קראַפט אַנטקעגן דעם ווידערשטאַנד.

מיר דאַרפן נאָך איצט באַהאַנדלען די **ווירקונג פון דער רייבונג** בײַם געניגטן פליין און בײַם קלין, ווייל זי שפּילט אַ גרויסע ראָלע בײַ דער פּראַקטישער אָנווענדונג זייערער.

אויפן געניגטן פליין, ווען דער ווינקל (w) צווישן פליין און האָרי־זאָנט איז זייער אַ קליינער, קען די רייבונג זיין אַזוי גרויס, אַז זי אַליין האַלט דעם קערפּער אין גלייכגעוויכט אויפן פליין. אַ ציגל צ. ב., אַוועק־געלייגט אויף אַ שוואַך געניגטער ברעט, וועט זיך פון איר נישט אַראָפּ־שאַרן, ווייל די רייבונג, וועלכע באַקומט זיך בײַ דער באַוועגונג, האַלט אים איין. אַ קיילעכדיקער געגנשטאַנד וואָלט זיך אפשר יאָ אַראָפּגעקייקלט ווייל זיין רייבונג איז קלענער (ראָל־רייבונג און גליטש־רייבונג).

אין קלין קען די רייבונג אויף האַלטן דעם קלין „פאַרקלינעוועט", ווייל די רייבונג שטאַרקט איבער דער רעזולטאַנטע פון די ווידערשטאַנדן אויף די באַקן, וועלכע וויגן דעם קלין אַרויסשטויסן פון שפּאַלט. וואָס שמעלער דער קאָפּ פון קלין איז, אַלץ קלענער איז די דאָזיקע רעזולטאַנטע אַנטקעגן דער רייבונג, אַלץ זיכערער זיצט דער קלין אין שפּאַלט.

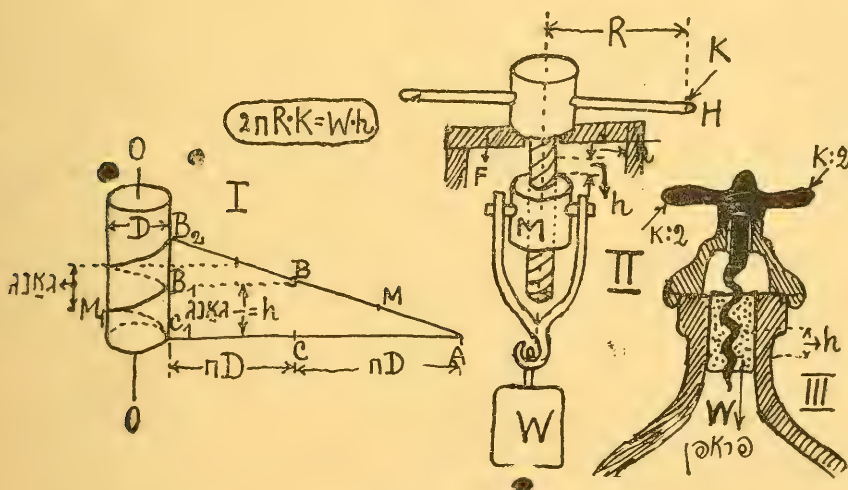
(קלינעס אין סטאָלער־בינדונגען (צייכ. 48 v). אַזוי־אַרום זעען מיר, אַז די־רייבונג שפּילט אַ גרויסע ראָלע באַ דער אָנווענדונג פון געניייגטן פליין און פון קלין.

פאַרקערט ווידער: וואָס ברייטער דער רוקן פון קלין איז, אַלץ שטאַרקער איז זיין שפּאַלט־ווירקונג, אַלץ לייכטער וועט ער אַרויס־שפּרינגען פון שפּאַלט, אַלץ אַ גרעסערע קראַפט וועט מען דאַרפן פאַר־ווענדן באַם שפּאַלטן.

ביישפּיל 2. אַ האָלצהעקער ווירקט מיטן האַק אויפן מאַטעריאַל מיט 20 קג. קראַפט; די לענג פון באַק פון דער האַק באַטרעפט 20 צמ., די לענג פון קאָפּ 5 צמ.; ווי גרויס איז דער ווידערשטאַנד פון מאַטעריאַל?

מאַכן מיר אַזוי: די באַק איז לענגער פאַרן קאָפּ מיט 20:5 דאָס איז 4 מאָל; הייסט עס דער ווידערשטאַנד וועט זיין מיט 4 מאָל גרעסער פון דער קראַפט, דאָס איז 4×20 גלייך 80 קג.

דער שרויף. (צייכ. 49) דאָס איז אייגנטלעך די ליניע (היפּאָטע־נוזע) פון געניייגטן פליין אַרויפגעוויקלט אויף אַ צילינדער. די דאָזיקע ליניע



צייכ. 49

אויפן צילינדער הייסט **שרויפליניע**. ווען מיר דעם רעכטן דרייעק ABC (אויסגעשניטן פון פּאַפּיר) אַרויפוויקלען אויף אַ צילינדער אַזוי, אַז די הייך (BC) פון דער געניייגטער ליניע (די קאַטעטע) זאָל אויסקומען פּאַראַלעל צו דער אַקס (OO) פון צילינדער און AC זאָל זיין גלייך צום אומקרייז

פון צילינדער, דאַן באַקומען מיר די שרויפּליניע $B_1M_1C_1$. פון דער שטרעקע BA וועלן מיר באַקומען איין שלייפל פון דער שרויפּליניע, ווייטער קענען גיין נייע אַזעלכע דרייצקן, עס וועלן זיך באַקומען נאָך שלייפלען, וועלכע וועלן זיך שליסן נאָכאַנאַנד און ב׳לדן איין שרויפליניע פון גאַנצן שרויף, ווי לאַנג ער זאָל נישט זיין.

ווער זיך אַ פּונקט באַוועגן איבער דער שרויפּליניע דאַן מאַכט ער גלייכצייטיק צוויי באַוועגונגען: אייגע אַ גראַדליניקע (אַרויף, אָדער אַראָפּ), די צווייטע—די דרייונג אַרום דער אַקס OO (שווינדלטרעפּ).

די הייך (BC) אויף וועלכער דער פּונקט הייבט זיך אויף (אָדער לאָזט זיך אַראָפּ) פאַר איין אומדרייונג פון שרויף, הייסט דער **גאַנג** פון שרויף, אָדער זיין **שטייגונג**. אויפן שרויף איז דאָס די שטרעקע צווישן איין שלייפל און דעם צווייטן, געמאָסטן פּאַראַלעל צו דער אַקס (זע צייכ. 49).

צום שרויף קומט אויך אַ **מוטרע**, וועלכע באַוועגט זיך לענגאויס דעם שרויף (אַראָפּ אָדער אַרויף) ווען זי ווערט געדרייט. דער שרויף, ווי אַ מאַשין, באַשטייט טאַקע פון די יידע טיילן: דעם שרויף און דער מוטרע. צייכ. 49 II ווייזט אונז, ווי מען קען הייבן אַ ווידערשטאַנד (W) מיט אַ שרויף-מעכאַניזם: דרייט מען די הענטל H (ראַדיוס R) מיט דער קראַפט (K קג.) דאַן דרייט זיך דער שרויף איבערן אָנשפּאַר F, די מוטרע M, הייבט זיך אַרויף און שלעפּט מיט דעם ווידערשטאַנד (W קג.), דער פּראָצעס איז ענלעך צו דעם, וואו מיר האָבן אַרונטערגערוקט דעם גענייגטן פליין אונטערן קערפּער, כדי ער זאָל זיך הייבן גלייך אַרויף (צייכ. 48 I). (אַזוי אַרבעט אויך אַ סאָרט פּראָפּנציערס).

לאָמיר געפינען די גרויס פון דער קראַפט K אַנטקעגן דעם ווידערשטאַנד W. פאַר 1 אומדרייונג פון שרויף וועט זיך דער ווידערשטאַנד אויפהייבן אויף דער הייך פון גאַנג (h) פון שרויף. לאָמיר אָנשרייבן די גלייכקייט פון די אַרבעטן, וואָס די קראַפט גיט אַרויס פאַר 1 אומדרייונג פון שרויף און וואָס דער ווידערשטאַנד נעמט דערביי אַריין. בײַ 1 אומדרייונג פון שרויף וועט די אַריינגעלייגטע אַרבעט זיין גלייך: קראַפט (K קג.), פאַרמערט אויף דער לענג פון אומקרייז ($2\Pi R$), וועלכן זי גייט דורך ($K\times 2\Pi R$); די אַרבעט וואָס דער ווידערשטאַנד האָט אַריינגענומען: ווידערשטאַנד (W קג.) פאַרמערט אויף דער הייך (h צמ.), דער שטייגונג פון שרויף, וואָס ער האָט זיך אויפגעהייבן (Wh). וועלן מיר די רייבונג

אויסנלאָזן, דאַן דאַרפן דידאָזיקע אַרבעטן זיין גלייך, ד. ה. די פּראָדוקטן: קראַפט מאָל די לענג פון אומקרייז און ווידערשטאַנד מאָל שטייגונג דאַרפן זיין גלייך. וואָס גרעסער דער ראַדיוס (ריכטיקער דער אומקרייז) פון דער הענטל איז אַנטקעגן דער שטייגונג, אַלץ קלענער דאַרף זיין די קראַפט אַנטקעגן דעם ווידערשטאַנד. אַזוי־אַרום קענען מיר זאָגן, אַז:

די קראַפט וואָס ווירקט אויפן הענטל פון שרויף (מוטרע־שליסל) און האַלט אין גלייכגעוויכט דעם ווידערשטאַנד, איז מיט אַזויפיל מאָל קלענער פון ווידערשטאַנד, מיט וויפל מאָל דער אומקרייז וואָס די קראַפט גייט דורך, איז גרעסער פון דער שטייגונג פון שרויף.

אַז די אַרבעטן פון דער קראַפט און ווידערשטאַנד וועלן טאַקע זיין גלייך, ווי דער גאָלדענער זאַץ זאָגט אונז, זעען מיר פון דעם, וואָס די קליינע קראַפט K וועט מאַכן אַ גרויסן וועג (דעם אומקרייז) און דער גרויסער ווידערשטאַנד W אַ קליינעם (די שטייגונג פון שרויף).

אלגעבריש וועט זיך דידאָזיקע גלייכקייט אויסדריקן אַזוי:

(1 $K \times 2\Pi R = W \times h$ (2 $K : W = h : 2\Pi R$

(די ליניעס און קרעפטן דאַרפן זיין אויסגעדריקט אין דיזעלביקע מאָסן).

פאַרשטייט זיך, אַז די קראַפט אויפן שרויף קען איבערשטאַרקן אַ ווידערשטאַנד, נישט נאָר הייבנדיק אים, נאָר פאַרקערט איינקוועטשנדיק עפּעס (פּרעסן עפּעס, אויסשטאַנצן אַ לאָך א. אַ.).

ביישפּיל 3. אין אַ שרויף־שטאַנץ באַטרעפט דער ראַדיוס (R) פון דער הענטל 0,4 מ.; די שטייגונג פון שרויף (h) איז 2,5 צמ. די קראַפט (K), מיט וועלכער מען ווירקט אויפן הענטל באַטרעפט 16 קג. אויסרעכענען די קראַפט, וואָס דריקט אונטערן שטאַנץ, (ד. ה. דעם ווידערשטאַנד, וואָס מען קען מיטן שרויף איבערשטאַרקן.

מאַכן מיר אַזוי: דער אומקרייז, וואָס די קראַפט מאַכט דורך באַ־טרעפט 2×3,14×40 גלייך 251,2 צמ.; דאָס איז גרעסער פון דער שטייגונג מיט 251,2:2,5 גלייך 100,5 מאָל; מיט אַזויפיל מאָל וועט זיין גרעסער דער געזוכטער ווידערשטאַנד (די פּרעסונג), ד. ה. ער וועט זיין 16×100,5 גלייך 1608 קג.

די הייבונג. וועלכער מיר האָבן ביז איצט באַם שרויף אויסנגעלאָזן, שפּילט דאָ אויך אַ וויכטיקע ראָלע באַ דער פּראַקטישער אָנווענדונג זיינער.

פאַרשטייט זיך, אַז צוליב דער רייבונג וועט די קראַפט דאַרפן אויסמאַכן גרעסער, ווי מיר האָבן ביז איצט גערעכנט, ווייל אַ טייל פון איר אַרבעט ווערט פאַרברויכט אויף רייבונג. אָבער דידאַקטיק רייבונג דינט אונז צו אונזערע צוועקן, ווען מיר דאַרפן מיטן שרויף עפּעס צופעסטיקן. אָט ווייסן מיר פון דער דערפאַרונג, אַז בשעת מיר פּרעסן עפּעס צונויף אונטערן קאָפּיר-פּרעס און לאָזן די הענטל פריי, דאַן גייט דער שרויף צוריק אַריין און מאַכט פרייער דעם געפּרעסטן געגנשטאַנד, ווייל דער ווידערשטאַנד טרייבט דעם שרויף צוריק. עס קען זיין, אַז די רייבונג וועט זיין אַזוי גרויס, אַז זי וועט איינהאַלטן דעם שרויף און נישט לאָזן גיין צוריק. דאָס האָבן מיר אויך געזען אין קלין: וואָס שאַרפער ער איז, ד. ה. וואָס שמעלער דער קאָפּ אַנטקעגן דער לענג פון דער באַק, אַלץ שטאַרקער ווערט ער פאַרקלינעוועט (שפּאַלטן האַלץ מיט אַ מעסער!), ד. ה. בלייבט שטעקן צוליב דער רייבונג. דעם קאָפּ פון קלין אַנטשפּרעכט די שטייגונג אין שרויף. הייסט עס:

וואָס קלענער דער גאַנג (די שטייגונג) **פון שרויף איז, אַלץ בעסער וועט ער זיך האַלטן** (איינקלינעווען) **אין מאַטעריאַל, אַלץ זיכערער צוזאַמענהאַלטן די פאַרייניקטע קערפּערס, אין וועלכע ער איז אַריינגעשרויפט** (אין מוטערקע).

וויבאַלד מיר אָבער, אַז דער שרויף זאָל לייכטער אַרויסגעשטויסן ווערן דורכן ווידערשטאַנד, מאַכן מיר דעם גאַנג פון שרויף, זיין שטייגונג, העכער.

די אָנווענדונג פון שרויף איז זייער אַ גרויסע: צום פּרעסן, צום שטאַנצן, צום פאַרייניקן צוזאַמען (צושרויפן) קערפּערס, אין שרויף-שטאָק א. אַ.

די קעגנזייטיקע באַוועגונגען פון שרויף און מוטרע ווערן אין דער טעכניק אויך זייער פיל אויסגענוצט, כּדי צו פאַרוואַנדלען איין מין באַוועגונג אין אַ צווייטן. לאָמיר באַטראַכטן דידאַקטיק באַוועגונגען:

אַ) ווען די שרויף ווערט געדרייט און די מוטרע בלייבט אומבאַוועגלעך, דאַן גייט דער שרויף אויף פאָרויס אין דער מוטרע (אַריין אָדער אַרויס): געוויינלעכער אַריינשרויפן אין אַ מאַטעריאַל; דער געוויינלעכער פּראָפּעלער, דער פּראָפּעלער פון אַעראָפּלאַן, דער שרויף פון אַ

דאַמפּער מיטן שיף (די לופט און וואַסער דינען דאָ, אַ דאַנק זייער רו־אינערציע ווי אַ אומבאַוועגלעכע מוטרע).

ב) ווען דער שרויף ווערט געדרייט אָבער גייט נישט פאָרויס, דאַן גייט די מוטרע לענגאויס דעם שרויף אָן אַ דריייונג (אַרויף אָדער אַראָפּ): דער פּראָפּן צום גרייצער אין אַ ספּעציעלן טיפּ פּראָפּנציערס; די לופט צום און פון שרויף־ווענטילאַטאָר (מען קען אַזוי אויך טרייבן וואַסער), דער סופּאָרט פון אַ טאָקער־באַנק, די פלייש אין דער פלייש־מאַשינקע.

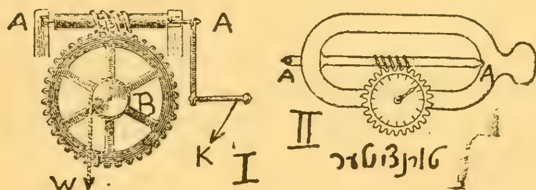
ג) ווען די מוטרע ווערט געדרייט, און דער שרויף נישט, דאַן גייט דער שרויף אין איר (אַריין אָדער אַרויס): ליוועס צום הייבן משאות, אויטאָמאָביקן א. אַ.; צונויפציונג פון לאַנגע אייזערנע שטאַנגען א. ד. גל. דורך לאַנגע מוטרעס.

ד) ווען די מוטרע גייט איבערן שרויף (אַראָפּ אָדער אַרויף) און ווערט נישט געדרייט, דאַן דרייט זיך דער שרויף אין דער מוטרע: דריל־בויער, אַמעריקאַנער שרויפנציער, די פליגלען פון אַ ווינטמיל.

פון די געבראַכטע ביישפּילן זעען מיר, אַז

די באַוועגונגען פון שרויף אַנטקעגן דער מוטרע, ווען ער איז באַוועגלעך, מאַכט די מוטרע אַנטקעגן דעם שרויף (נאָר אין פאַרקערטער ריכטונג), **ווען ער איז אומבאַוועגלעך.**

אַ באַזונדערע קאָמבינאַציע פון דעם פּאַר (ב) ווייזט דער שלענגל (צייכ. 50 I): פאַר אַ מוטרע דינט דאָ אַ צאָנראָד, וועלכער דרייט זיך אַרום זיין אַקס, ווען דער שרויף ווערט געדרייט אַרום זיינער. דורך אַזאַ קאָמבינאַציע קען מען איבערגעבן אַ דריי־באַוועגונג פון איין אַקס (AA) צו אַ צווייטער, (B), וואָס איז צו איר פּערפּענדיקולער.



צייכ. 50

פאַר 1 טור פון שלענגל וועט זיך דער צאָנראָד אַ דריי טאָן אויף 1 צאָן פאָרויס.

דיזעלביקע קאָמבינאַציע זעען מיר אויך אין **טורנציילער** (צייכ. 50 II):

די אַקס פון שלענגל (AA) ווערט צוגעשלאָסן צום וואַל פון דער מאַשין, וואָס אירע טורן ווילן מיר ציילן. דער צאָנראָד וועט מאַכן מיט אַזויפיל מאָל ווייניקער טורן פון שלענגל, וויפל ציינער ער האָט. דער ווייזער אויפן ציפערבלאַט ווייזט די צאָל טורן פון דער מאַשין. האַלטנדיק דעם טורנציילער געשלאָסן מיט דער מאַשין 1 מינוט צייט קענען מיר אַזויאַרום וויסן די צאָל טורן אירע.

אויפגאַבעס: 1) אויף אַ גענייגטן פליין מיט אַ לענג פון 7 מ. און אַ הייך פון 0,35 מ. ליגט אַ לאַסט פון 1200 קג.; אויסרעכענען די קראַפט וועלכע האַלט דער לאַסט אין גלייכגעוויכט, זייענדיק פּאַראַלעל צום פליין. 2) אויף אַ ברעט פון 3,2 מ. די לענג ליגט אַ פּאַק פון 80 קג.; דורכן אויספּרובירן האָט זיך אַרויסגעוויזן, אַז דער פּאַק האָט זיך גענומען גלייכמעסיק אַראָפּרוקן, ווען איין עק פון ברעט איז אויפגעהייבן געוואָרן אויף 40 צמ.; אויסרעכענען די רייבונג. וואָס דאַרפן מיר וויסן, כדי צו געפינען דעם קאָעפיציענט פון רייבונג? 3) אויף אַ גענייגטן פליין מיט אַ באַזע פון 6 מ. און אַ הייך פון 50 צמ. ווערט געהאַלטן אין גלייכגעוויכט אַ לאַסט פון 200 קג. דורך אַ קראַפט, וואָס איז פּאַראַלעל צו דער באַזע. אויסרעכענען דער קראַפט. 4) אַ קראַפט פון 28 קג. טרייבט אַריין אַ קלין אין אַ קלאָץ, וועלכע שטעלט אַ ווידערשטאַנד פון 50 קג.; די לענג פון דער באַק פון קלין באַטרעפט 25 צמ.; אויסרעכענען די ברייט פון קאָפּ פון קלין. 5) דער ווינקל באַם שאַרף פון קלין באַטרעפט 30 גראַד; דער ווידערשטאַנד באַטרעפט 400 קג.; געפינען די קראַפט (גראַפיש). 6) אין אַ שטאַנג איז די קראַפט מיט 60 מאָל קלענער פון ווידערשטאַנד; דער ראַדיוס פון דער הענטל באַטרעפט 0,6 מ.; אויסרעכענען דעם גאַנג פון שרויף. 7) אַ קראַפט פון 24 קג., ווירקנדיק פּאַראַלעל צום גענייגטן פליין, האַלט אויף אים אין גלייכגעוויכט אַ משא פון 360 קג.; די הייך פון פליין באַטרעפט 0,48 מ.; אויסרעכענען די לענג פון פליין.

8) די הייך פון אַ גענייגטן פליין איז מיט 10 מאָל קלענער פון זיין לענג; וואָס פאַר אַ ווידערשטאַנד קען מען איינהאַלטן אויפן פליין מיט אַ קראַפט פון 20 קג., פּאַראַלעל צום פליין? 9) דער ראַדיוס פון פּעדאַל פון אַ ראָווער באַטרעפט 18 צמ.; דער ראַדיוס פון צאָנראָד ביים פּעדאַל באַטרעפט 9 צמ., דער ראַדיוס פון הינטערשטן צאָנ-ראָד 6 צמ.; דער ראַדיוס פון הינטערשטן ראָד 0,4 מ.; דער פאָרער

דריקט אויפן פעדאַל מיט אַ קראַפט פון 20 קג. מיט וואָס פאַר אַ קראַפט קען מען אָפּהאַלטן די דרייונג פון הינטערשטן ראָד, האַלטנדיק אים באַם ראַנד? (רייבונג אויסנגעלאָזן).

פראַגעס. קלער אויף פאָלגנדיקע פראַגעס: 1) ראַזיר-מעסערס זענען פוןביידע זייטן פון שאַרף אַרויסגעשליפן ווי מולטערלעך. 2) אין אַ מעשלינג פאַר אייזן ווערט דער ווינקל געמאַכט טעמפּער, ווי אין אַ שטעמאייזע פאַר האָלץ. 3) די וועגן באַרג-אַרויף ווערן אָפט געמאַכט נישט גראָדליניק, נאָר געדרייט ווי אַ זיגזאַג. 4) אַ בלעכענעם דאַך קען מען מאַכן נידעריקער ווי ווען ער איז געדעקט מיט האָלץ אָדער דאַכוווקעס. 5) וואָס נידעריקער דער גאַנג פון אַ שרויף איז, אַלץ לייכטער איז אים אַריינצושרויפן. 6) פון אַ באַרג-אַראָפּ גייט דער שליטל אַליין. 7) וואָס וויניקער געניגט אַ טרעפּ (אַ לייטער) איז, אַלץ לייכטער איז אויף איר צו גיין.

IV. שווערפּונקט און גלייכגעוויכט.

§ 37. **שווערפּונקט און זיין לאַגע.** פון דער טעגלעכער דערפאַרונג ווייסן מיר, אַז ווען מיר שפּאַרן אונטער אַ שטעקן ריכטיק אין זיין מיטנפונקט, דאַן בלייבט ער אין גלייכגעוויכט, ד. ה. קיין שום העלפט ציט נישט אַריבער אויף איר זייט, דער שטעקן פאַלט נישט אַראָפּ, נאָר בלייבט אָדער רוען, אין האָריזאָנטאַלער לאַגע, אָדער וויגט זיך אין ביידע זייטן גלייכמעסיק, אונטער דער ווירקונג פון דער שווערקראַפט.

דעדאָזיקער פונקט פון אַ קערפּער, אין וועלכן מען דאַרף אין אונטערשפּאַרן, כדי ער זאָל בלייבן אין גלייכגעוויכט אונטער דער ווירקונג פון דער שווערקראַפט, הייסט דער **שווערפּונקט פון קערפּער.**

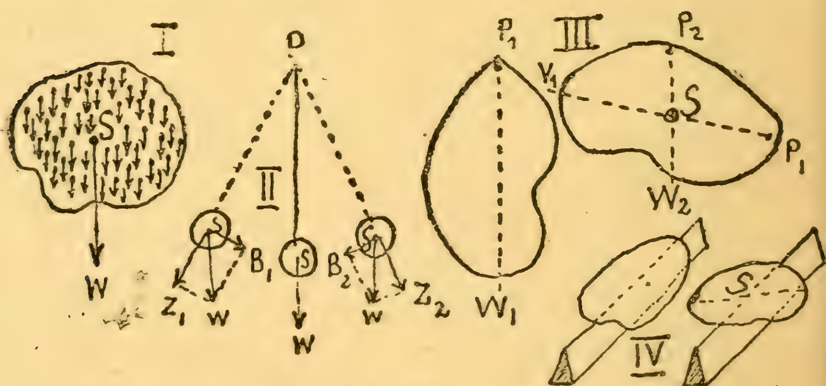
אין דעם שווערפּונקט, דאַרפן מיר זיך פאָרשטעלן, איז אַזוי ווי צונויפגעזאַמלט די גאַנצע מאַסע און אויך די וואָג פון קערפּער.

די גאַנצע וואָג פון אַ קערפּער שטעלט זיך צונויף פון די וואָגן פון אַלע זיינע טייכעלעך (מאלעקולעס), וועלכע מיר קענען זיך פאָרשטעלן ווי קליינע קרעפטן, וועלכע זענען געריכטעוועט ווערטיקאַל און פּאַראַלעל צווישן זיך (צייכ. 51 I). דער רעזולטאַנטע פון דידאָזיקע אַלע פּאַראַלעלע מאלעקולאַרע שווערקרעפטן רופן מיר אָן וואָג פון קערפּער און דעם גרייף-פונקט פון דערדאָזיקער רעזולטאַנטע — **שווערפּונקט** פון קערפּער. אינ-

דעראמתן שניידן זיי זיך אַלע מאלעקולארע שווערקרעפטן אין צענטער פון דער ערד, נאָר אַ דאַנק דער קלײנקייט פון קערפּער אַנטקעגן דער ערד איז דער ווינקל צווישן זייערע ריכטונגען אומגעהייער קליין און מיר קענען זיי אָננעמען פאַר פּאַראַלעל.

דער שווערפּונקט פון אַ קערפּער פאַרנעמט אַ באַשטימטן שטענדיקן פּונקט אין אים וואָס פאַר אַ לאַגע דער גאַנצער קערפּער זאָל נישט אָננעמען, כּל זמן די פאָרעם פונם קערפּער און די קעגנזײטיקע לאַגע פון זיינע איינצלנע טיילן בלייבן אומגעענדערט. דער שווערפּונקט פון אַ קערפּער קען אויך ליגן אין אַ פּונקט, וואו קיין שטאָף קען גראָד נישט זיין.

א) דער שווערפּונקט פון אַ גראַדער ליגט אין איר מיטנפּונקט (אין מיטנפּונקט ליגט אויך דער שווערפּונקט פון אַ שטעקן, אַ שטאַנג, אַ באַלקן,



צייכ. 51

אַ רער, ווען זייער אַקס איז אַ גראַדע, ווען זייע קווערשניט איז אומעטום דערזעלביקער און איז גלייכמעסיק אויסגעפילט מיטן זעלביקן מאַטעריאַל פון דערזעלביקער ספּ. וואָג.

ב) דער שווערפּונקט פון אַ קרייז, אומקרייז און קויל ליגט אין זייער געאָמעטרישן צענטער.

ג) דער שווערפּונקט פון אַ רעגלמעסיקער פלייניקער פיגור (רעגל-מעסיקער 3-עק, 4-עק, 5-עק א. א. וו.) ליגט אין איר געאָמעטרישן צענטער.

ד) דער שווערפּונקט פון פּערימעטער און שטח פון אַ פּאַראַלעלא-

גראַם (הייסט עס: ראמבּ, קוואַדראַט, רעכטעק,) ליגט אין שניטפּונקט פון זיינע דיאַגאנאַלעס.

ה) דער שווערפּונקט פון אַ גראדן קאנוס, פון אַ רעגלמעסיקער, גראדער פּיראַמידע, ליגט אויף דער הייך, 1/4 חלק פון איר דערווייטערט פון דער באַזע. דער שווערפּונקט פון אַ קובּ און פּאַראַלעלאָפּיפּעד ליגט אין שניטפּונקט פון די אינעווייניקסטע דיאַגאנאַלעס.

ו) דער שווערפּונקט פון אַ דרייעק ליגט אין שניטפּונקט פון זיינע מעדיאַנעס.

ז) דער שווערפּונקט פון אַ סימעטרישער פיגור ליגט אויף דער סימעטריע-אַקס: איז די פיגור סימעטריש צו צוויי אַקסן, ליגט דער שווער-פּונקט אין זייער שניטפּונקט.

אַ דאַנק דער ווירקונג פון דער שווערקראַפט, שטרעבּט יעדער קער-פּער, וואָס איז אונטערגעשפּאַרט אָדער אויפגעהאנגען פריי, ד. ה. ער זאָל זיך קענען באַוועגן, צו פאַרנעמען אַזאַ לאַגע, אַז זיין שווערפּונקט זאָל אויסקומען וואָס נענטער צו דער ערד. אַזויאַרום מוז זיך דער קערפּער, בּאַ דידאָזיקע באַדינגונגען איינשטעלן אַזוי, אַז דער שווערפּונקט (S) מיטן אָנשפּאַרפּונקט (P) קומען אויס אויף איין ווערטיקאַלער גראדער. אינדער-אמתן: (צייכ. 51 II): ווייבאַלד מיר וועלן דעם שווערפּונקט אַרויס-בּרענגען פון דער ווערטיקאַלער ריכטונג, אָפּציענדיק דעם קערפּער רעכטס, אָדער לינקס, אַזוי וועט זיין וואָג זיך פונאַנדערלייגן אין צוויי קאמפּאָ-נענטעס: איינע (SZ), וועלכע וועט ציען איר אָנשפּאַרפּונקט P, און די צווייטע SB, וועלכע וועט טרייבּן דעם קערפּער צוריק צו זיין ווערטי-קאַלער לאַגע. דער קערפּער וועט זיך וויגן אַ געוויסע צייט אַרום דערדאָזיקער לאַגע (צוליב אינערציע) און וועט קומען צום סוף צוריק צו איר.

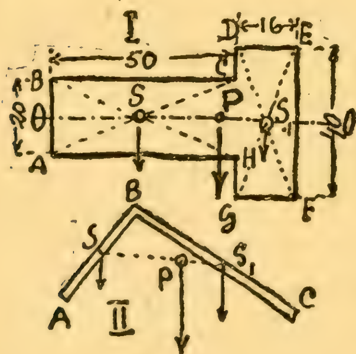
דידאָזיקע איינשטעלונג פון שווערפּונקט מיטן אָנשפּאַרפּונקט אויף איין ווערטיקאַלער, פאַרהעלפט אונז צו געפינען פּראַקטיש דעם שווערפּונקט פון אַ וועלכן עס איז פלאַכן קערפּער פון טאָוול, בּלעך א. אַ. וו.; מיר הענגען אויף דעם קערפּער (צייכ. 51 III) פאַר אַ וועלכן עס איז פּונקט (P1) זיינעם פריי, ער זאָל זיך קענען וויגן אַרום פּונקט, און מערקן אָן די לאַגע פון דער ווערטיקאַלער P1 W1, דערנאָך הענגען מיר דעם קערפּער אויף פאַר אַן אַנדער פּונקט P2, מערקן אָן די לאַגע פון דער אַנדערער ווערטיקאַלער P2 W2. דער שניטפּונקט S פון דידאָזיקע

צוויי גראדעס ($P_1 W_1$ און $P_2 W_2$) וועט זיין דער געזוכטער שווערפונקט פון דער פיגור.

אָנשטאָט אויפצוהענגען דעם קערפּער, קענען מיר אים אָנשפּאַרן אויף אַ שאַרפן קאַנט (צייכ. 51 IV) אין צוויי פאַרשידענע לאַגעס, באַ וועלכע ביידע ער בלייבט אין גלייכגעוויכט אויפן קאַנט. אין יעדער לאַגע מערקן מיר אָן דער גראדער פון קאַנט. דער שניטפונקט פון ביידע גראדעס, מיט וועלכע דער קערפּער איז געלעגן אויפן קאַנט, וועט זיין דער געזוכטער שווערפונקט.

ווען אַ טאָוול פון אַ וועלכן עס איז מאַטעריאַל (אומעטום גלייך גראָב און פון דערזעלביקער ספּ. וואָג) באַשטייט געאָמעטריש פון איינצלנע טיילן, וואָס זייערע שווערפונקטן איז לייכט צו געפינען, דאַן קען מען דעם שווערפונקט פון גאַנצן טאָוול לייכט געפינען מיט אַן אויסרעכענונג. לאָמיר מאַכן אַ

ביישפּיל: (צייכ 52 I) די פיגור ABCDEFGH באַשטייט פון צוויי רעכטעקן: ABCH מיטן שווערפונקט אין S און DEFG מיטן שווערפונקט אין S_1. אזוי ווי די פיגור איז סימעטריש צו דער אַקס OO, ווייסן מיר שוין פאָרויס, אַז דער שווערפונקט וועט ליגן אויף איר. אָבער אין וועלכן פונקט? די וואָג פון אַ טאָוול, (אומעטום פון דערזעלביקער גרעב, מאַטעריאַל און ספּ. וואָג) איז פּראָפּאָרציאָנעל צו זיין שטח. די וואָגן פון די פיגורן ABCH און DEFG קענען מיר באַטראַכטן ווי צוויי פּאַראַלעלע קאמפּאָנענטע קרעפטן מיט זייערע גרייפפונקטן אין S און S_1; די רעזולטאַנטע וועט זיין די וואָג פון דער גאַנצער פיגור, איר גרייפפונקט איז דער געזוכטער שווערפונקט. דער גרייפפונקט פון דער רעזולטאַנטע ליגט צווישן די גרייפפונקטן (S און S_1) פון ביידע קאמפּאָנענטעס און טיילט דער שטרעקע ($S S_1$) צווישן זיי פאַרקערט פּראָפּאָרציאָנעל צו די קרעפטן, אין אונזער פאַל: פאַרקערט פּראָפּאָרציאָנעל צו די וואָגן, אָדער, ווי מיר האָבן געזען, צו די שטחים פון ביידע פיגורן. רעכענען מיר אויס דעם



צייכ. 52

שטח פון רעכטעק ABCH ‏(50×20=1000) און דעם שטח DEFG ‏(16×40=640) און מיט טיילן דער שטרעקע SS_1 (וועלכע באַטרעפט 8+25 גלייך 33 צמ.) פּראָפּאָרציאָנעל צו די צאָלן 1000 און 640 (פּשוטער: 25 און 16) אַזוי ווי דער שטח ABCG איז גרעסער, וועט דער געזוכטער שווערפּונקט P ליגן נענטער צו S (רעזולטאַנטע נענטער צו דער גרעסרער קאָמפּאָנענטע) נעמלעך: פון S_1 אויף 1000 חלקים (פּשוטער 25) און פון S אויף 640 חלקים (פּשוטער 16); 1) 25+16=41 צמ.; 2) 12,9 = 16. (33 : 41) = SP; 3) צמ. 20,1=25. (33 : 41)=S_1P.

אַזויאַרום געפינען מיר דעם שווערפּונקט פון דעם גאַנצן שטח, טיילנדיק די שטרעקע צווישן די שווערפּונקטן פון זיינע צוויי טיילן, פאַרקערט פּראָפּאָרציאָנעל צו די שטחים פון דידאָזיקע טיילן.

ווען דער גאַנצער שטח באַשטייט פון מער ווי צוויי טיילן, געפינען מיר דעם שווערפּונקט פון די ערשטע צוויי, דערנאָך פון די צוויי מיט דער דריטער, דערנאָך פון די דריי מיט דער פערטער א. אַז. וו.

אויפן זעלביקן שטייגער קענען מיר אויך מאַכן, ווען אַ קערפּער באַשטייט פון גראַדליניקע טיילן, וואָס די לאַגעס פון די שווערפּונקטן פון זייערע איינצלנע טיילן זענען לייכט צו וויסן. אין דעם פאַל איז די וואָג פּראָפּאָרציאָנעל צו דער לענג פון דער גראַדער שטרעקע. אַזויאַרום וועט דער שווערפּונקט פון דער געבראָכענער ליניע ABC (צייכ. 52 II) ליגן ערגעץ אויף דער שטרעקע (SS_1) צווישן די שווערפּונקטן (S און S_1) פון די איינצלנע טיילן (AB און BC) און וועט שפּאַלטן דער שטרעקע (SS_1) פאַרקערט פּראָפּאָרציאָנעל צו די לענגען (AB און BC, נענטער צו דער לאַנגער BC, ווייטער פון דער קורצער AB.

די לאַגע פון שווערפּונקט אין אַ קערפּער שפּילט זייער אַ וויכטיקע ראָלע אין פיעלע טעכנישע אויפגאַבעס. לאָמיר נעמען אַ

ביישפּיל 2. אַ קייט פון 8 מ. די לענג און 20 קג. וואָג הענגט אַראָפּ אין ברונעם; זי ווערט אַרויפגעוויקלט אויפן וואַלראָד פון ברונעם. וויפל אַרבעט ווערט אויף דעם פאַרברויכט?

רעכענען, אַז די גאַנצע 20 קג. האָט מען אויפגעהייבן אויף 8 מעטער הייך, וועט זיין פאַלש, ווייל די רינגען, וואָס זענען נענטער צום וואַלראָד האָט מען אויף אַזויפיל נישט אויפגעהייבן. באַטראַכטן מיר, אַז די גאַנצע וואָג פון דער קייט איז אין איר שווערפּונקט, ד. ה. אין איר מיטנפּונקט, וועלכער געפינט זיך 4 מ. נידעריקער פון וואַלראָד (ווייל די גאַנצע קייט

האַלט 8 מ.) און אויף דערדאָזיקער שטרעקע האָט מען דער קייט אויפגע-
הייבן. די אַרבעט וועט אַזוי‌אַרום באַטרעפן 4×20 גלייך 80 קגמ.

ענלעך אַזוי מאַכן מיר אין אַלע אַנדערע פאַלן, וואו קערפּערס ווערן
געהייבן, אָדער באַוועגט ווי עס איז אַנדערש: די גאַנצע וואָג נעמען מיר
צוגעלייגט צום שווערפּונקט און מיר באַטראַכטן נאָר די באַוועגונג פון
שווערפּונקט.

ווילן מיר פאַרטיילן די ווירקונג פון אַ קראַפט גלייכמעסיק איבער
אַ וועלכן עס איז שטח אָדער ליניע, דאַן לייגן מיר צו דער קראַפט אויף
אין שווערפּונקט פונם שטח אָדער ליניע (שטאַנצן, פּרעסן א. אַ.).

§ **38. גלייכגעוויכט פון דער שווערקראַפט.** יעדער קער-
פּער שטרעבט צו פאַלן צוליב דער שווערקראַפט. כדי דער קערפּער זאָל
נישט פאַלן, ד. ה. בלייבן אין גלייכגעוויכט, דאַרף ער ווערן ווי עס איז
אונטערגעשפּאַרט, אָדער אויפגעהאַנגען, אין איינעם אָדער אַ סך פּונקטן.
מיר אונטערשיידן דריי מינים גלייכגעוויכט פון דער שווערקראַפט:

א) זיכערער גלייכגעוויכט, ד. ה. אַזאַ לאַגע פון אונטערגע-
שפּאַרטן קערפּער, צו וועלכער **ער קומט צוריק**, ווען מען ברענגט
אים אַרויס פון איר. אין זיכערן גלייכגעוויכט צ. ב. געפינט זיך אַ קער-
פּער, וואָס איז אויפגעהאַנגען צו אַ פּונקט, וואָס ליגט העכער פון אים
(צייכ. 51 II) ווען מיר דעם קערפּער אַרויסברענגען פון דערדאָזיקער לאַגע,
דאַן וויגט ער זיך אַ געוויסע צייט אַרום דער לאַגע פון זיכערן גלייכגע-
וויכט און שטעלט זיך אין איר איין צוריק.

ב) אומזיכערער גלייכגעוויכט, ד. ה. אַזאַ לאַגע פון אונטער-
געשפּאַרטן קערפּער, צו וועלכער **ער קערט זיך נישט אום צוריק**,
ווען מען ברענגט אים אַרויס פון איר. אין אומזיכערן גלייכגעוויכט געפינט
זיך אַ שטעקן ווען מיר שטעלן אים איין ווערטיקאַל אויפן פינגער (צייכ. 53 I).
וויבאַלד ער פאַלט אַראָפּ, קומט ער שוין אַליין נישט צוריק צו דער לאַגע.

ג) שטענדיקער גלייכגעוויכט, ד. ה. אַזאַ לאַגע פון קערפּער,
וועלכע ער קען בייטן אויף יעדער אַנדערע און **בלייבן אין יענער
אַנדערער**. אין שטענדיקן גלייכגעוויכט, צ. ב. געפינט זיך אַ קויק אויף
אַ האָריזאָנטאַלן פליין (צייכ. 53), אָדער אַ צילינדער און קאָנוס, ווען זיי
ליגן אויף אים מיט אַ זייטיקער ליניע זייערער; אַ ראָד, שייבע אויף דער
אַקס א. אַז. וו.

באַם באַטראַכטן דעם באַדונג, ווען אַ קערפּער געפינט זיך אין דעם

אָדער אַנדערן גלייכגעוויכט, דאַרפן מיר אונטערשיידן צוויי מינים פון אונטערשפאַרן דעם קערפער: 1) ווען דער קערפער איז איינגעשפאַרט (אָדער אויפגעהאנגען) אויף אַ פונקט אָדער אַן אַקס און 2) ווען דער קער-פער איז אָנגעשפאַרט אויף אַ סך פונקטן, וואָס ליגן נישט אויף איין גראַדער.



צייכ. 53

ווען דער אָנשפאַר איז אַ פונקט אָדער אַן אַקס געפינט זיך דער קערפער

א) אין זיכערן גלייכגעוויכט, ווען זיין שווערפונקט קומט אויס נידעריקער פון אָנשפאַר. באַ יעדער ענדערונג פון דער לאַגע וועט אויסקומען דעם שווערפונקט צו הייבן און די שווער-קראַפט וועט אים אַראָפּשלעפן צוריק ווי פריער.

ב) אין אומזיכערן גלייכגעוויכט, ווען זיין שווערפונקט קומט אויס העכער פון אָנשפאַר; באַ דער ענדערונג פון דער לאַגע וועט זיך דער שווערפונקט אַראָפּלאָזן (אַראָפּפאַלן) און די שווערקראַפט וועט אים נישט לאָזן אַליין זיך אויפהייבן צוריק.

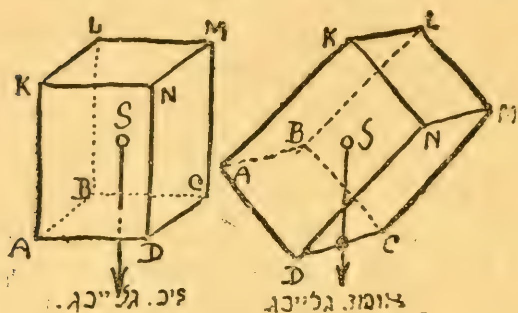
ג) אין שטענדיקן גלייכגעוויכט, ווען דער שווערפונקט קומט אויס אין אָנשפאַר, אָדער ווען די לאַגע פון שווערפונקט אַנטקעגן דעם אָנשפאַר — בלייבט דיזעלביקע, ווי דער קערפער זאָל נישט באַוועגט ווערן (אַ קויל און צילינדער אויף אַ האָריזאָנטאַלן פליין).

ווען דער אָנשפאַר איז אַ רייע פונקטן, וואָס ליגן נישט אויף איין גראַדער, געפינט זיך דער קערפער:

אין זיכערן גלייכגעוויכט, ווען די ווערטיקאַלע גראַדע, וואָס איז אַראָפּגעלאָזן פון שווערפונקט (S) קומט אויס אין דעם קאָנטור פון אָנשפאַר (צייכ. 54), ד. ה. אין דער פלייניקער פיגור, וועלכע באַקומט זיך פון פאַראייניקן די אָנשפאַר-פונקטן. באַ דער ענדערונג פון דערדאָזיקער

לאַגע, וועט אויסקומען דעם שווערפונקט צו הייבן און די שווערקראַפט וועט אים אַראָפּשלעפּן צוריק ווי פריער.

אין אומזיכערן גלייכגעוויכט, ווען די ווערטיקאַלע גראַדע וואָס איז אַראָפּגעלאָזן פון שווערפונקט קומט אויס ריכטיק אויפן קאַנטור פון אָנשפּאַר (צייכ. 54), ד. ה. אויף אַ פּונקט פון דער גראַדער, וואָס פאַראייניקט צוויי נאָכאַנאַנדיקע פּונקטן פון אָנשפּאַר.



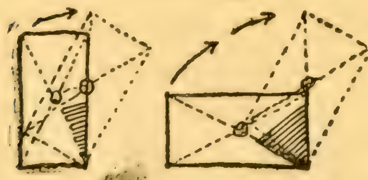
צייכ. 54

אין שטענדיקן גלייכגעוויכט, ווען די פאָרעם, די גרויס און די לאַגע פון אָנשפּאַר ענטקעגן דעם שווערפונקט בלייבן דיזעלביקע ביי יעדער לאַגע פון קערפּער.

די אַלע אויסגערעכנטע באַדינגונגען לאָזן זיך פאַראַלגעמיינערן אַזוי:

ווען די לאַגע פון קערפּער איז אַזאַ, אַז באַם ענדערן איר ווערט זיין שווערפונקט געהייבן, איז זיין גלייכגעוויכט אַ זיכערער; ווערט דער שווערפונקט אַראָפּגעלאָזן — איז זיין גלייכגעוויכט אַן אומזיכערער; בלייבט דער שווערפונקט אויפן זעלביקן האָריזאָנט — איז זיין גלייכגעוויכט אַ שטענדיקער. דער אָנשפּאַר אַליין דאַרף אין אַלע פאַלן בלייבן אין דערזעלביקער לאַגע.

וואָס אַ גרעסערן קאַנטור (פליינינקן שטח) דער אָנשפּאַר פון אַ קערפּער פאַרנעמט, וואָס נידעריקער (נענטער צו דער ערד) דער שווערפונקט פון אַ קערפּער איז, אַלץ מער דאַרף מען דעם קערפּער איבערבייגן איבער אַ קאַנט פון אָנשפּאַר, כדי אים אומצוּוואַרפן (צייכ. 55); וואָס שווערער דער קערפּער איז, אַלץ אַ גרעסערע קראַפט דאַרף מען דערצו האָבן. דעריבער זעען מיר, אַז ווען מען וויל מאַכן אַ קערפּער שטייזיכער, מאַכט מען דעם אָנשפּאַר אויף אַ גרעסערן קאַנטור


צייכ. 55

און די הויפּטמאַסע זיינע (און דורכדעם אויך דעם שווערפּונקט) לאָזט מען אַראָפּ וואָס נידעריקער.

דער שווערפּונקט פון מענטשלעכן קערפּער ליגט אומגעפער אויף דער הייך פון קרייץ אויף דער סימעטריע־אַקס פון קערפּער. באַם אויסשטרעקן אַ האַנט, אָדער אַ פוס, באַם איינבייגן דעם קערפּער, טרעט אָפּ דער שווערפּונקט פון זיין אָרט. די ווערטיקאַלע פון שווערפּונקט קומט אויס אין קאנטור פון די טריט. באַם טראָגן אַ לאַסט ענדערט זיך אויך די לאַגע פון שווערפּונקט (צוגעקומענע מאַסע) און די ווערטיקאַלע גייט אַרויס פון קאנטור פון די טריט. דורכן איינבייגן דעם קערפּער אויף פאָרנט, הינטן, אָדער צו די זייטן, ווי די משא קומט אויס, קאָמבינירן מיר אויס אינסטינקטיוו די לאַגע פון קערפּער אַזוי, אַז די ווערטיקאַלע פון שווערפּונקט זאָל ווידער אויסקומען אין קאנטור פון די טריט, ווייל באַ דערדאָזיקער לאַגע איז אונז צום לייכטסטן צו האַלטן דעם קערפּער אין גלייכגעוויכט.

פראַגעס. אויפקלערן פאָלגנדיקע דערשיינונגען: 1) באַם אויפשטעלן זיך פון זיצן, רוקן מיר פריער אַרונטער די פיס אונטערן שטול? 2) אַ וואָגן, אָנגעלאָדן מיט אַ טאָן היי, וועט זיך לייכטער איבערקערן, ווי ווען ער זאָל טראָגן דיזעלביקע מאַסע אייזן. 3) אויף שטאָלצן איז שווערער צו גיין ווי נאָרמאַל. 4) באַם טראָגן עפּעס אויפן קאָפּ, האַלט מען דעם קערפּער שלאַנק אויסגעצויגן. 5) ווען מיר גייען אויף אַ שמאָלער ברעט און דער קערפּער גיט זיך אַ בייג אין איין זייט, ציען מיר אויס די האַנט פון דער צווייטער זייט. 6) אַ קייקעלע איז צונויפגעשטעלט פון צוויי האַלבע: אַ הילצערנעם און אַ ביינערנעם; ווי וועט ער זיך איינשטעלן אויף אַ האָריזאָנטאַלן פליין? 7) ווען אַ מענטש שטייגט באַרג אַרויף, בייגט ער איין דעם קערפּער צו פאָרנט.

אויפגאַבעס: 1) פון אַן אייזערנער שטאַבע האָט מען אָפּגעהאַקט אַ שטיק פון 3 דמ. ווי און אויף וויפל וועט זיך איבערוקן איר שווערפּונקט אַנטקעגן פריער. 2) פון אַ שטאַבע פון 4 מ. די לענג האַקט מען אָפּ אַזאַ שטיק, אַז איר שווערפּונקט רוקט זיך אָפּ פון דער פריערדיקער לאַגע אויף 20 צמ.; ווי לאַנג איז די אָפּגעהאַקטע שטיק. 3) אַ בלעכענע פיגור האָט די פאָרעם פון אַ רעכטעק מיט אַ גלייכלענדיקן דרייעק צוגעשטעלט מיט זיין באַזע צו דער קלענערער זייט פון רעכטעק. די זייטן פון רעכטעק באַטרעפן: 20 און 12 צמ.; די באַזע

פון דרייעק 12 צמ.; הייך 15 צמ.; אויסרעכענען די לאגע פון שווער-פונקט פון דערדאָזיקער פיגור. 4) אַ באַלקן פון 180 קג. וואָג וועגט אונטערגעהייבן פאַר איין עק אויף 12 מ.; וויפל אַרבעט איז אויף דעם פאַרבראַכט געוואָרן? 5) אַ שטאַנג פון 60 צמ. די לענג ווערט אויסגעבויגן מיט אַ רעכטן ווינקל אַזוי, אַז דער גרעסערער קני איז טאָפּלט אַזוי לאַנג ווי דער קלענערער; וואו געפינט זיך דער שווערפונקט פון געבויגענעם שטאַנג? 6) פון אַ קוואַדראַט מיט אַ זייט פון 20 צמ., איז אַרויסגעשניטן פון אַ ווינקל אַ קלענערער קוואַדראַטל מיט אַ זייט פון 35 ממ.; וואו וועט זיין דער שווערפונקט פון געבליבענעם גרעסערן קוואַדראַט? (אָנווייזונג: אָננעמען, אַז פון גרויסן קוואַדראַט זענען אַרויסגעשניטן סימעטריש צום צענטער 2 קליינע קוואַדראַטלעך; געפינען דעם שווערפונקט פון דערדאָזיקער פיגור, דערנאָך איין קליינעם קוואַדראַטל פון איין שפּיץ צושטעלן צוריק און מאַכן ווי אין ביישפּיל 3) 7) אַ הילצערנער און אַן אייזערנער מאַסיווער צילינדער, ביידע פון דיזעלביקע מאָסן, זענען צונויפגעפּעסטיקט מיט זייערע דעקלען. אויסרעכענען די לאַגע פון שווערפּונקט פון דערדאָזיקער קאָמבינאַציע.

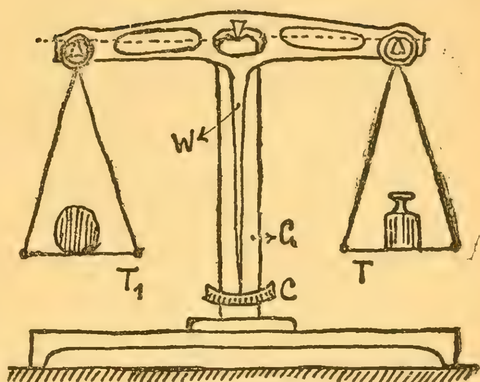
§ 39. וואָגשאָלן און אויסוועגונג. די אייגנשאַפטן פון הייבער און פון גלייכגעוויכט פון דער שווערקראַפט ווערן אָנגעווענדעט אין וואָגשאָלן, וועלכע דינען צום באַשטימען די וואָג פון קערפּערס.

א) די געוויינלעכע וואָגשאָל (צייכ. 56) באַשטייט פון דעם באַלקן וועלכער איז אָנגעשפּאַרט אויף אַ ווערטיקאַלן געשטעל G און טראָגט ביידע טעלערס T און T_1. די אָנשפּאַרפּונקטן סיי פון באַלקן, סיי פון די טעלערס בילדן די שאַרפן פון האַרטע שטאָלענע דרייקאַנטן, וועלכע ליגן אויך אויף אַ האַרטן מעטאַלענעם, אָדער שטיינערנעם (אַגאַט) לאַגער. דער ווייזער (W) וועלכער באַוועגט זיך צוגלייך מיטן באַלקן, ווייזט דעם גלייכגעוויכט, ווען ער שטייט אַנטקעגן דעם מיטן פון ציפערבלאַט (C).

אַ גוטע וואָגשאָל דאַרף זיין אַ פּינקטלעכע און אַ פילעוודיקע.

די פּינקטלעכקייט קען מען קאָנטראָלירן דורך דעם, וואָס מען וועגט אויס אַ קערפּער איינמאָל צ. ב. אויף דעם רעכטן טעלער און אַ צווייטן מאָל אויף דעם לינקן—ביידע מאָל דאַרף זיין דיזעלביקע וואָג. כדי

די וואָגשאָל זאָל זיין אַ פּינקטלעכע, דאַרף זי פאַרענטפערן עטלעכע באַדינגונגען:



צייכ. 56

1) די שטרעקעס צווישן אָנשפּאַר פון אַקסל און די אָנשפּאַרן פון די שאָלן דאַרפן זיין גלייך (גלייכאַקסלדיקער הייבער: גלייכע מאָמענטן און גלייכע אַקסלען דערייסט עס גלייכע וואָגן).

2) די וואָגן פון די אַקסלען אַליין און פון די טעלערס זאָלן זיין גלייך, ווייל דאַן וועט דער שווער־פונקט פון באַלקן אויסקומען ריכטיק אויף איין ווערטיקאַלער ליניע זיין אָנשפּאַרפּונקט, וואָס מען דאַרף האָבן צום גלייכגעוויכט.

3) די אָנשפּאַרפּונקטן פון באַלקן אוןביידע שאָלן זאָלן ליגן אויף איין גראדער, ווייל דאַן וועלן די אַקסלען פון די דריימאָמענטן זיין גלייך בײַ יעדער לאַגע פון באַלקן.

די פילעוודיקייט פון דער וואָגשאָל ווענדט זיך אָן דער ווינציקייט פון געוויכטל, וועלכן זי פילט, ד. ה. וועלכער ברענגט איר שוין אין באַוועגונג. די פילעוודיקייט ווערט אויסגעדריקט אָדער דורך דער וואָג פון קלענסטן געוויכטל, אויף וועלכן די וואָגשאָל ענטפערט אָפּ, אָדער אין דער פאַרהעלטעניש פון דאָזיקן קלענסטן געוויכטל צום גרעסטן, פאַר וועלכן די וואָגשאָל ווערט נאָך גענוצט. מיר זאָגן, צ. ב. אַז די פילעוודיקייט באַטרעפט איין צוואָנציקטויזנטסטל, ווען די וואָגשאָל ווערט גענוצט ביז איין קג. און קומט אין באַוועגונג פון איין צוואָנציקסטל גראַם. כעמישע וואָגשאָלן ווייזן אַ פילעוודיקייט פון איין מיליאָנסטל בײַ דער גרעסטער געוויכט פון 100 גראַם.

כדי די וואָגשאָל זאָל זיין וואָס פילעוודיקער, דאַרף זי פאַרענטפערן פאָלגנדיקע באַדינגונגען:

1) דער באַלקן זאָל זיין וואָס לייכטער, ווייל די רייבונג אין די

אָנשפּאַרן איז דאָן קלענער און דער קלענסטער געוויכטל ווירקט שוין אויף דער וואָגשאָל;

2) דער באַלקן זאָל זיין וואָס לענגער, ווייל דער קליינער געוויכטל מיט אַ לאַנגן אַקסל וועלן געבן אַ גענוגנדיקן דריימאָמענט צום באַוועגן דער וואָגשאָל;

3) דער שווערפּונקט פון באַלקן זאָל ליגן וואָס העכער און נענטער צו זיין אָנשפּאַר, (כּדי דער דריימאָמענט פון שווערפּונקט פון באַלקן, וועל־כער ווירקט אַנטקעגן דעם דריימאָמענט פון געוויכטל זאָל אויסקומען וואָס קלענער) אָבער דאָך נידעריקער פון אָנשפּאַר, כּדי דער באַלקן זאָל נישט אַראָפּפאַלן פון דער פוס ביים אָפּנייגן זיך.

ווען אַפילו די וואָגשאָל איז נישט קיין פּינקטלעכע קען מען די ריכטיקע וואָג פון אַ קערפּער אויך געפינען. מיר האָבן צו דעם דריי מיטלען:

א) דורכן אויסטאַרירן דעם קערפּער, ד. ה. מיר לייגן אַרויף אויף איין טעלער דעם קערפּער און אויף דעם צווייטן שיטן מיר אָן שראָט אָדער זאַמד (די טאַרע, הייסט עס) ביז די וואָגשאָל וועט זיך איינשטעלן אין גלייכגעוויכט; דערנאָך נעמען מיר אַראָפּ דעם קערפּער און שטעלן אויף זיין אָרט געוויכטן, וועלכע זאָלן אויסגלייכן דער וואָג פון דער טאַרע: די וואָג פון קערפּער איז גלייך צו דער וואָג פון די אַלע געוויכטן, וועלכע האָבן אים פאַרביטן אויף דעם טעלער. ענלעך צו דעם איז אויך דער צווייטער מיטל:

ב) דורך אַ שטענדיקער געוויכט, ד. ה. מיר לייגן אַוועק אויף איין טעלער איין שטיק גרויסע געוויכט, אויף דער צווייטער אַ סך קלע־נערע געוויכטלעך ביז די וואָגשאָל וועט זיך איינשטעלן אין גלייכגעוויכט; דערנאָך לייגן מיר אַרויף דעם קערפּער צו די קליינע געוויכטלעך, פון וועלכער מיר מוזן איצט עטלעכע אַראָפּנעמען, כּדי איינצושטעלן ווידער גלייכגעוויכט אויף דער וואָגשאָל. די וואָג פון קערפּער איז גלייך צו דער וואָג פון אַלע אַראָפּגענומענע געוויכטן, וועלכע ער פאַרבייט אויף דעם טעלער.

ג) דורכן צווימאָליקן אָפּוועגן, ד. ה. מיר לייגן דעם קערפּער צ. ב. אויף דעם רעכטן טעלער און גלייכן אים אויס דורך אַ געוויכט G_1 אויף דעם לינקן טעלער, דערנאָך לייגן מיר אים אויף דעם לינקן טעלער און גלייכן אים ווידער אויס דורך אַן אַנדער געוויכט G_2 (גרעסער אָדער

קלענער ווי G_1) אויף דעם רעכטן טעלער. די אמתע וואָג G פון קערפּער וועט זיין גלייך דער דורכשניטלעכער פון ביידע פריערדיקע, ד. ה. $G=(G_1+G_2):2$ (פינקטלעכער: דער מיטלסטער געאָמעטרישער פון ביידע געוויכטן G_1 און G_2, ד. ה. אַ קוואַדראַטוואָרצל פון זייער פּראָדוקט). פאַרוואָס אַזוי? לאָמיר באַצייכענען די אַקסלען פון (דער נישט ריכטיקער) וואָגשאָל דורך a און b; פון ערשטן אָפּוועגן באַקומען מיר (גלייכקייט פון דריי-מאָמענטן).

$$G a = G_1 b$$

פון צווייטן אָפּוועגן באַקומען מיר (איבערלעגנדיק די געוויכטן).

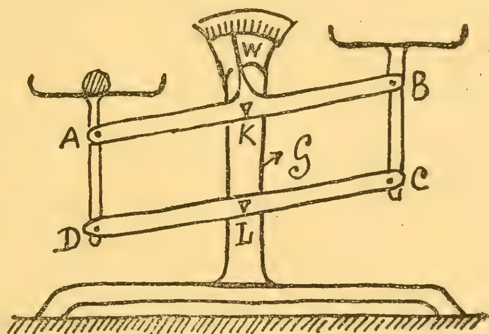
$$G b = G_2 a$$

פאַרמערנדיק דידאָזיקע, ביידע גלייכונגען און קירצנדיק דורך ab, באַקומען מיר:

1) $G\times a\times G\times b=G_1\times b\times G_2\times a$ אָדער 2) $G^2=G_1\times G_2$ און דעריבער:

3) $G=\sqrt{G_1 \cdot G_2}$

ב) די ראָבערוואַלשע וואָגשאַל, אָדער, ווי זי הייסט אַנדערש, די ענגלישע וואָגשאָל (צייכ. 57) איז צום מערסטן פאַרשפּרייט אין די קראָמען. זי באַשטייט פון צוויי באַלקנס (AB און DC), וועלכע זענען געשלאָסן באַ-וועגלעך מיט ווערטיקאַלע שטרעבעס (AD און BC); מיט וועלכע זיי בילדן אַ פּאַראַלע-

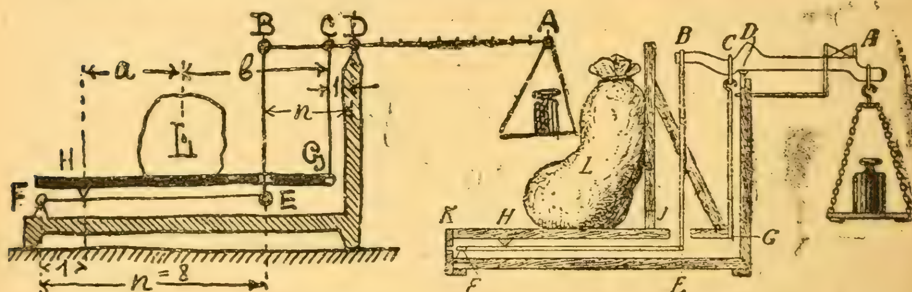


צייכ. 57

לאָגראַם. ביידע אָנשפּאַרן (K און L) פון די באַלקנס ליגן אויף איין ווערטיקאַלער, צו וועלכער די שטרעבעס (AD און BC) זענען פּאַראַלעל. וועלכע לאַגע דער געשטעל (G) זאָל נישט האָבן. די לאַגע פון געגנשטאַנד און פון די געוויכטן אויף די טעלערס רופט זיך נישט אָפּ אויף דער ריכטיקייט פון אָפּוועגן, ווייל די טעלערס ליגן האָריזאָנטאַל און די ווירקונג גיט זיך סיי ווי סיי איבער צו די שטרעבעס. דעם צושטאַנד פון גלייכגעוויכט ווייזט דער ווייזער W אויף דעם בויגן מיט די שטריכן. אין די שלעסער A, K, B, C, L און D זענען פאַראַן שטאָלענע דרייקאַנטן, ווי אין דער געוויינלעכער

וואָגשאָל. נישט געקוקט אויף דער גרויסער רייבונג אין די אַלע באַוועגלעכע שלעסער, פון וואָס עס ליידט זייער די פילעווודיקייט פון דער וואָגשאָל, איז די ענגלישע וואָג באַקוועמער אין געברויך ווי די גצוויינלעכע.

ג) די צענטל־וואָגשאָל (דעצימאַלע וואָגשאָל) דינט צום וועגן גרויסע משאות, צו וועלכע מיר וואָלטן באַדאַרפט האָבן גרויסע געוויכטן. אַ דאַנק דער איינריכטונג פון דער וואָגשאָל, קען די וואָג פון די געוויכטן זיין מיט 10 מאָל קלענער, ווי די וואָג פון דער משא, וואָס מען וועגט. פאַר זייער גרויסע משאות (אָנגעלאָדענע פורן צ. ב.) קען מען די וואָג פון געוויכט מאַכן אויך מיט 100 מאָל קלענער, לויטן זעלביקן פרינציפ.



צייכ. 58

די איינריכטונג פון דער צענטל־וואָגשאָל איז אַזאַ: (צייכ. 58) דער אַקסל AD איז מיט 10 מאָל גרעסער פון אַקסל CD; אויסערדעם דאַרף דער אַקסל FE זיין מיט אַזויפיל מאָל גרעסער ווי FH, מיט וויפל מאָל BD איז גרעסער פון CD, (ד. ה. FE : FH=DB : CD).

וואו די לאַסט וועט נישט ליגן אויף דער פלאַטפאָרמע HG, וועט די וואָג פון געוויכט W זיין אַ צענטל פון דער לאַסט L, ווען די וואָגשאָל וועט זיין אין גלייכגעוויכט.

אינדעראמתן: לאָמיר אָננעמען, אַז די לאַסט איז דערווייטערט פון פונקט H אויף 2 חלקים און פון פונקט G אויף 3 חלקים. די לאַסט לייגן מיר פונאַנדער אויף 2 פאַראַלעלע קאמפאנענטעס: אין פונקט H וועט ווירקן 3/5 פון דער לאַסט און אין פונקט G — 2/5 פון דער לאַסט; דער קאמפאַנענטע, וועלכע ווירקט אין פונקט H, לייגן מיר ווידער פונאַנדער אויף 2 נייע ווייטערדיקע קאמפאנענטעס: די גרעסערע וועט ווירקן אין F, די קלענערע אין E (ווייל HF איז קלענער פון HE). לאָמיר אָננעמען, אַז FH מאַכט אויס צ. ב. 1/8 פון FE, דאַן וועט אויסקומען, אַז אויפן פונקט E ווירקט

1/8 פון די 3/5 פון דער לאַסט, ד. ה. 3/40 פון דער לאַסט. דידאָזיקע 3/40 פון דער לאַסט, ווי אויך די 2/5 פון דער לאַסט אין פונקט G ווערן ביידע ווירקן אויפן הייבער BCDA; CD ווי מיר האָבן אָנגענומען דאַרף זיין אויך מיט 8 מאָל קלענער פון BD און מיט 10 מאָל קלענער פון DA; די דריימאָמענטן אַרום פונקט D וועלן אויסמאַכן: פון לינקס (אַנטקעגן זייגער-ווייזער): 2/5 פון דער לאַסט מאָל 1 חלק אַקסל, ווייטער 3/40 פון דער לאַסט מאָל 8 חלקים אַקסל; אָנשטאָט 3/40 לאַסט מאָל 8 חלקים אַקסל קענען מיר נעמען דעם חלק לאַסט מיט 8 מאָל גרעסער, ד. ה. 3/5 און דעם אַקסל מיט 8 מאָל קלענער, ד. ה. 1 חלק אַקסל; וועט זיך שוין איצט באַקומען, אַז דער דריימאָמענט פון לינקס באַטרעפט: 2/5 לאַסט מאָל 1 חלק אַקסל מיט נאָך 3/5 לאַסט מאָל 1 חלק אַקסל ס"ה הייסט עס 5/5 אָדער די גאַנצע לאַסט מאָל 1 חלק אַקסל. פון רעכטס האָט דער געוויכט W 10 חלקים אַקסל, מוז ער שוין האָבן 1/10 פון דער לאַסט, כּדי די דריי-מאָמענטן זאָלן זיין פון רעכטס און לינקס גלייך, ווייל עס איז דאָך גלייכגעוויכט.

וועלן מיר באַצייכענען די לאַסט דורך L, די וואָג פון געוויכט W, די פאַרהעלטעניש פון FH צו FE דורך 1:n, די ווייטקייטן פון דער לאַסט ביז די פונקטן H און G דורך a און b, דאַן באַקומען מיר אַלגעבריש די שייכות צווישן L און W אַזוי:

די קראַפט וואָס ווירקט אויף H: Lb:(a+b)

די קראַפט וואָס ווירקט אויף G: La:(a+b)

די קראַפט וואָס ווירקט אויף E: (Lb:(a+b)):n

איצט באַטראַכטן מיר די דריימאָמענטן פון די קרעפטן אין G און E אַרום דעם פונקט D און פון געוויכט W:

דער מאָמענט פון דער קראַפט G (אַקסל 1): La(:a+b

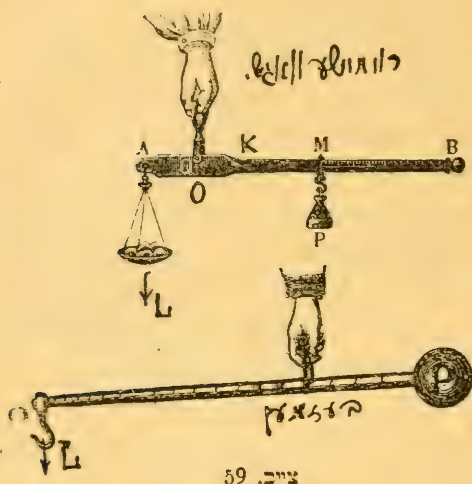
דער מאָמענט פון דער קראַפט E (אַקסל n): Lb:(a+b)

די סומע פון די ביידע דריימאָמענטן: La:(a+b)+Lb:(a+b)=L

נאָך אַ וויכטיקע אייגנשאַפט פון דער צענטל-וואָגשאָל איז די, וואָס די פּלאַטפאָרמע HG בלייבט שטענדיק האָריזאָנטאַל, ווייל די פונקטן H און G לאָזן זיך אַראָפּ, אָדער הייבן זיך אויף, ביידע אויף דער-זעלביקער מאָס. אויב צ. ב. דער פונקט H וועט זיך אַראָפּלאָזן אונטער דער לאַסט אויף 1 מאָס, וועט זיך E אַראָפּלאָזן אויף 8 מאָס (מיר האָבן אָנגענומען אַז FH איז 1/8 פון FE) און מיט אים דער פונקט B (פאַריי-

ניקט צוזאַמען!); ווען פונקט B לאָזט זיך אַראָפּ אויף 8 מאָס מוז פונקט C, און מיט אים פונקט G, זיך אַראָפּלאָזן אויף 1 מאָס, ווייל CD איז 1/8 פון BD. דאָסזעלבע קען מען אַרויסדרינגען אַלגעבריש.

ד) די רוימישע וואגשאל און דער בעזמען (צייכ. 59) זענען פשוט צווייזייטיקע הייבערס. אין דער רוימישער וואָגשאָל ווערט די לאַסט געלייגט אויפן טעלער און דער געוויכטל P ווערט געשיבט לענגאויס דעם אַקסל KB. אין גלייכגעוויכט האַלט זיך דער שטאַנג האָריזאָנטאַל.



צייכ. 59

עס איז קלאָר, אַז וואָס ווייטער דער געוויכטל וועט זיין פון אָנשפּאַר O, אַלץ אַ גרעסערע לאַסט וועט ער האַלטן אין גלייכגעוויכט. ווען די וואָג פון געוויכטל איז אַ שטענדיקע, קען מען וויסן די וואָג פון דער לאַסט, ווען מיר וויסן די אַקסלען OA און OM. אַזוי ווי OA בלייבט נישט געענדערט דאַרף מען וויסן נאָר OM. אויפן אַקסל KB איז שוין נעבן יעדן שטריך פון דער ווירע KB אָנגעגעבן גלייך די וואָג פון דער לאַסט, ווען דער שיבערל מיטן געוויכטל שטייט ביים דאָזיקן שטריך.

דעם בעזמען ווי אויך די רוימישע וואָגשאָל קענען מיר נאָך טרעפן אין דאָרפישן געברויך, וואו עס פאָדערט זיך נישט קיין פּינקטלעכקייט פון ווענן. זיין אונטערשייד פון דער רוימישער וואָג באַשטייט אין דעם, וואָס סיי די לאַסט, סיי דער געוויכטל בלייבן אויף איין אָרט, איבערגעטראָגן ווערט דער אָנשפּאַר. זייער הויפּט-מעלה, דער פאַרשפּאָרן געוויכטן, האַלט זיי נאָך ביז היינט.

אויסער די באַהאַנדלטע וואָגשאָלן טרעפן מיר נאָך אַנדערע טיפּן, וועלכע אַרבעטן לויטן פּרינציפּ פון הייבערס, אָדער פעדערס (ווי דער קאָנטאָר צ. ב.) מיר וועלן זיי איצט נישט באַטראַכטן.

§ 40. אויפגאַבעס און פראַגעס (פון גאַנצן קורס פון בוך)

1) אויף 10 גראַם וואָג קומט אויס דורכשניטלעך קאָרנקע־נדלעך 330
(ווייצנקערנדלעך 265); אויסרעכענען וויפל קערנער קומט אויס אין אַ טאָן
קאָרן? אין אַ טאָן ווייץ; וויפל העקטאר קען מען פאַרזייען מיט 5 טאָן
קאָרנקערנער אויב מיר רעכענען 1 קערנדל אויף 4 קוו. צמ.
2) מען באַשטעלט אַ צילענדרישן קעסעלע ער זאָל אַריינעמען 20 קג.
גאַזע; דער שטח פון דעק זאָל זיין 720 קוו. צמ.; ווי הויך דאַרף זיין דער
קעסעלע? ספּ. וואָג פון גאַזע 0,9 גר. קוב. צמ. 3) די לענג
פון אַ שינע באַטרעפט 11,2 מ. איר וואָג 0,4 טאָן. ספּ. וואָג פון מאַטער-
יאַל 7,8 גר.: קוב. צמ. אויסרעכענען דעם שטח פון קווערשניט אין
קוו. צמ. 4) ווי קען מען אויסרעכענען די וואָג פון אַ מעטאַ-
לענעם אויסגעגאָסענעם געגנשטאַנד, ווען מיר האָבן פאַר זיך זיין הילצערנע
(אָדער פון וועלכן עס איז אַנדער שטאָף) מאָדעל? 5) אַ שיפל
שווימט איבער אַ טייך פון 540 מעטער די ברייט און ווערט דערביי
אַראָפּגעטראָגן דורכן וואַסער אויף 150 מעטער; די געשווינטקייט פון שיפל
אין אַ שטייענדיקן וואַסער באַטרעפט 1,8 מ. סעק.; געפינען גראַפיש
די געשווינטקייט פון טייך. 6) אַ פאַפירל צוגעקלעפּט צום ראָד
פון ראָווער, באַוועגט זיך שנעלער אַנטקעגן דער ערד, ווען ער קומט אויס
אונטער דער אַקס, און לאַנגזאַמער ווען איבער איר? 7) 2 ביי-
ליגנדיקע זייטן פון אַ רעגלמעסיקן זעקסעק און די 3 דיאַגאָנאַלעס, וואָס
גייען אַרויס פון זעלביקן שניטפּונקט, זענען מיט זייער גרויס און ריכ-
טונג 5 קרעפטן, וואָס ווירקן אויף אַ פּונקט; געפינען גראַפיש די גרויס
און ריכטונג פון דער רעזולטאַנטע, און פון דער קעגנקראַפט?
8) אַ קוב און אַ צילענדער פון דעמזעלביקן מאַטעריאַל, פאָרנעם, וואָג
און שטח פון די דעקלעך שטייען אויף אַ האָריז. פליין; וועלכער פון זיי
איז שטייזיכערער? 9) אַ פאַלע ווערט אַראָפּגעזעצט אין דער
ערד אויף 1 צמ. טיף דורך אַ קלאַפּ מיט אַ געוויכט פון 0,5 טאָן וועלכער
ווערט אַראָפּגעלאָזן פון אַ הייך פון 6 מ.; ווי גרויס איז דער ווידער-
שטאַנד פון דער ערד (גאָלדענער זאַץ). 10) אויף אַ קערפּער
ווירקן 3 פאַראַלעלע קרעפטן פון 3 קג. 3 קג., און 6 קג. אין 3 פּונקטן, וואָס
ליגן נישט אויף איין גראַדער. אויסרעכענען די גרויס און דעם גרייפ-
פּונקט (אַנטקעגן די קאַמפּאָנענטעס) פון דער רעזולטאַנטער.
11) די בלאַט פון אַ טיש האַלט 1,2 מ. × 0,9 מ.; אין אַ פּונקט וואָס איז
דערווייטערט פון דער לאַנגער זייט אויף 15 צמ., פון דער קורצער אויף

0,3 מ. ליגט אויפן טיש אַ מאַסע פון 80 קג.; וואָס פאַר אַ קראַפט קומט אויס אויף יעדער פוס פון טיש? (אָנווייזונג: פונאַנדערלייגן אַפּיער אין צוויי פּאַראַלעלע קאָמפּאָנענטעס, וועלכע ליגן אויף אַ פּאַראַלעלער צו אַ זייט פון טיש אויף די קאַנטן זיינע; יעדע פון די קאָמפּאָנענטעס פאַנאַנדערלייגן אויף די פיס). 12) די אַקסלען פון אַ הייבער פאַרהאַלטן זיך ווי 3 צו 16, צו וועלן זיך האַלטן אויף אים אין גלייכ-געוויכט געוויכטן פון 12 און 60 קג.; אויב נישט, ווי און וועלכן געוויכט דאַרף מען ענדערן. 13) דער „באַטשאַן" פון אַ ברונעם האַט 6 מעטער אין דער לענג און וועגט 120 קג.; זיין אָנשפּאַר איז דערוויי-טערט פון עק אויף 1,6 מעטער. וויפל געוויכט דאַרף מען צובינדן צום קורצן אַקסל, כדי צו הייבן אַן עמער וואַסער פון 15 קג. און דעם שטאַנג פון 20 קג. אין אָנשטרענגונג (רייבונג אויסנגעלאָזן). 14) בײַם דאָפּלטן אויסוועגן אַ קערפּער האָט ער געוויגן אויף איין טעלער 10 קג. אויפן צווייטן 8.1; די לענג פון אַקסל צווישן די אָנשפּאַרן פון די טעלערס באַטרעפט 372,4 מ.; אויסרעכענען די אמתע וואָג פון קערפּער און די לענג פון יעדן אַקסל. 15) אַ גוס-אייזערנע רעכטעקיקע פּליטע 1,8 מ. די לענג און 1,2 מ. די ברייט, וועלכע וועגט 120 קג. האָט מען אויפגעהייבן פון איין זייט אויף 0,4 מ. וויפל אַרבעט האָט עס געפאָדערט?

16) אַן אַרבעטער הייבט אויף אַ שטיין פון 500 קג. מיט דער הילף פון אַ שטופּנפלאַשנצוג מיט 3 באַוועגלעכע בלאָקן; ער ציט פאַרן שטריק 10 מאָל און ציט אָן פאַר יעדער מאָל 24 צמ.; וויפל אַרבעט איז אַרויסגעגעבן געוואָרן און ווי הויך איז אויפגעהייבן דער שטיין?

17) אַ מענטש הייבט זיך אויף אַליין מיט אַן אומבאַוועגלעכן בלאָק; איין עק פון שטריק בינדט ער צו צום גאַרטל זיינעם און פאַרן צווייטן עק ציט ער. דער מענטש וועגט 74 קג; מיט וואָס פאַר אַ קראַפט דאַרף ער ציען פאַרן צווייטן עק פון שטריק. 18) אַ פערד ציט דעם אַקסל פון אַ מאַנעזש (קעראַט) מיט אַ קראַפט פון 45 קג.; דער ראַדיוס פון מאַנעזש באַטרעפט 3,5 מ.; דער פערד מאַכט 3 טור מינ.; אויסרעכענען די לייסטונג אין מעכ. פערד. 19) צי זענען די ווערטיקאַלע קאַנטן פון אַ מויערוואַנט פּאַראַלעל? 20) וואָס פאַר אַ באַדייטונג האָט דער ווייזער אין דער געוויינלעכער וואָגשאָל; צי קען מען אים נישט אויסלאָזן? 21) 2 קג. בליי ווערט אַריינגעוואָרפן אין אַ כלי מיט וואַסער; וויפל קג. וואַסער וועט עס אַרויסטרייבן? דאָס

זעלבע 3 קג. פראָפּנהאָלץ, ווען מען זאָל עס אַריינטונקען אינגאַנצן אין וואַסער. 22) אַ שלענגל שליסט זיך מיט אַ צאַנראַד. די צאָל ציינער באַטרעפט 72; וויפל אומדרייונגען מאַכט דער צאַנראַד, ווען דער שלענגל מאַכט 1440? 23) ווען מען פאָרט אין אַ שיפל איז מען זיצנדיקערהייט זיכערער אַנטקעגן איבערקערן דעם שיפל, ווי שטייענדיקערהייט. 24) אין אַ שלייפשטיין מיט אַ פוס-קאָלבע באַטרעפט דער דיאַמעטער פון שטיין 400 ממ. דער ראַדיוס פון קאָלבע באַם שטיין 15 צמ. די לענג פון דער טרעט-ברעטל 0,6 מ.; דער שלייפער דריקט אויף דער ברעטל (איינזייטיקער הייבער) מיט אַ קראַפט פון 20 קג. אין אַ פונקט, וואָס איז 25 צמ. ווייט פון אָנשפּאַר. וואָס פאַר אַ קראַפט ווירקט אויפן ראַנד פון שלייפשטיין (מאַך אַ צייכענונג).

25) אין אַ פליישמאַשינקע באַטרעפט דער ראַדיוס פון דער קאָלבע 28 צמ. די שטייגונג פון שרויף 2 צמ.; אויף דער קאָלבע דריקט מען מיט אַ קראַפט פון 12 קג. און מאַכט 18 טור מינ.; וואָס פאַר אַ לייסטונג פאָדערט די מאַשינקע און ווי לאַנג דאַרף זיין דער פאַס פלייש, וואָס די מאַשינקע לאָזט אַרויס אין אַ מינוט. 26) מיט אַ שטופּנפלאַשנצוג ווערט אַ לאַסט פון 128 קג. געהאַלטן אין גלייכגעוויכט. דורך אַ קראַפט פון 15 קג.; וויפל באַוועגלעכע בלאָקן האָט דער פלאַשנצוג (רייבונג אויסגעלאָזן). 27) אַ קראַפט פון 24 קג. האַלט אין גלייכגעוויכט אַ ווידערשטאַנד פון 360 קג. אויף אַ גענייגטן פליין, זייענדיק צו אים פאַראַלעל. געפינען גראַפיש (און אויסמעסטן מיטן ווינקלמעסטער) דעם ווינקל צווישן פליין און האָריזאָנט. 28) אַ פאַס פון 96 קג. וואָג וויל מען אויפהייבן אויף אַ פור פון 1,2 מעטער די הייך איבער דער ערד מיט אַ קראַפט פון 16 קג. פאַראַלעל צום גענייגטן פליין; ווי-לאַנג דאַרף מען נעמען די קלעצער צום דאָזיקן פליין? 29) אַ וואַנט פון 6 מ. לענג און 4 מ. הייך איז אויסגעמויערט פון 7200 ציגל יעדער ציגל וועגט 3 קג. וויפל אַרבעט איז פאַרברויכט געוואָרן צום הייבן די ציגל? 30) איינהאַלטן ווערטיקאַל אין גלייכגעוויכט אַ קורצן שטעקן איז שווערער איידער אַ לאַנגן.

זוך-צעטל

וועלכער געגנשטאַנד אויף וועלכער זייטל ווערט באַהאַנדלט.

אינהאלט.

I. אַלגעמיינע אייגנשאַפטן פון קערפּערס.

II. באַוועגונג. קראַפט. אַרבעט.

III. איינפאַכע מאַשינעס, די ווירקנדיקע קרעפטן און זייער אַרבעט.

IV. שווערפּונקט און גלייכגעוויכט.

גרייזן און פאַרפעלונגען

זייטל	שורה	פון	איז געדרוקט:	דאַרף זיין:
11	14	אונטן	צייכ.	צייכ. 5
17	5	אויבן	פאַרע	פאָרע
21	17	אונטן	צעשניידן און 1000	צעשניידן אויף 1000
24	12	אונטן	צוהעפטונג	אנהעפטונג
29	2	אונטן	אַ פרירער	פריער
30	3	אונטן	210 טורן; מינ.	210 טורן: מינ.
34	2	אויבן	דער געשווינטקייט	געשווינטקייט
35	7	אויבן	גלייך; מיטלמעסיקע	גלייך: מיטלמעסיקע
37	4	אויבן	$V_1 = V_0 +$	$V_1 = V_0 + jt$
40	10	אויבן	7 מ: סעק	7,4 מ: סעק.
40	12	אויבן	7 מ: סעק	9 מ: סעק.
49	10	אונטן	גראַדוירונג	גראַדואירונג
62	5	אויבן	אַ פּאַק וואָג	אַ פּאַק פון 50 קג. וואָג
65	4	אויבן	צוג און דעם	צוג אין דעם
80	9	אויבן	ה ל ך	ח ל ק
85	12	אונטן	ווי אַ מאַשין	ווי אַ מאַשין (צייכ. 33
88	7	אויבן		$Pe+Mc=Ka+Lb+Nx$
88	13	אונטן	(d_1 35 צמ.)	e_1 (40 צמ.)
90			די צייכענונג	די בוכשטאַבן A און B
112	11	אויבן	קאָעפיציענט	קאָעפיציענט
112	4	אונטן	קאָעפיציענט	קאָעפיציענט
140	9	אונטן	La (: a+b)	La: (a+b)
144	12	אונטן	15 קג.	16 קג.

דעם שילער נתנאל לעשטש דריק איך דאָ אויס מיין דאַנק פאַר זיין אַרבעט באַם צוגרייטן דעם מאַנוסקריפּט.

M. ZABŁUDOWSKI.

FIZYKA

dla szkół zawodowych, kursów zawodowych i samouków.

OGÓLNE WŁASNOŚCI CIAŁ
RUCH. SIŁA. PRACA.
MASZYNY PROSTE.

עס גייט צום דרוק פון זעלבן מחבר:

פיזיקע: מעכאַניקע פון פליסיקייטן און גאַזן. קלאַנג. ליכטיקייט.

פיזיקע: עלעקטרע מעכאַניקע.

פאַכצייכענען: געאָמעטריש, פראָיעקטיוו און טעכניש צייכענען (מיט אויסרעכענונגען).

געאָמעטריע: פאַר האַנטווערקערשולעס (מיט טריגאָנאָמעטריע).

Wydawnictwo: Księgarnia I. Indyckiego, Białystok.
Rynek Kościuszki 32.

Drukarnia M. Prużańskiego, Białystok Lipowa 16 Tel. 5-21